

Aus dem Institut für Zoophysiologie der Universität Hohenheim
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. med. vet. H. Hörnicke

Eingereicht über die Medizinische Tierklinik des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität München

Lehrstuhl für Innere Krankheiten des Pferdes
und der Fleischfresser und für Gerichtliche Tiermedizin
Komm. Vorstand: Professor Dr. med. vet. G. Dirksen

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Professor Dr. med. vet. H. J. Ehrlein,
Hohenheim und Professor Dr. med. vet. H. Kraft, München

**MESSUNG DER HERZSCHLAGFREQUENZ BEI PFERDEN
MIT LUNGEN-, HERZ- UND KEHLKOPFERKRANKUNGEN
WÄHREND EINER DEFINIERTEN BELASTUNG
Eine Möglichkeit zur Objektivierung der Leistungsminderung**

Inaugural-Dissertation
Zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Hildegard Maier
aus Horb

München 1976

1977

Aus dem Institut für Zoophysiologie der Universität Hohenheim
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. med. vet. H. Hörnicke

Eingereicht über die Medizinische Tierklinik des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität München

Lehrstuhl für Innere Krankheiten des Pferdes
und der Fleischfresser und für Gerichtliche Tiermedizin
Komm. Vorstand: Professor Dr. med. vet. G. Dirksen

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Professor Dr. med. vet. H. J. Ehrlein,
Hohenheim und Professor Dr. med. vet. H. Kraft, München

**MESSUNG DER HERZSCHLAGFREQUENZ BEI PFERDEN
MIT LUNGEN-, HERZ- UND KEHLKOPFERKRANKUNGEN
WÄHREND EINER DEFINIERTEN BELASTUNG
Eine Möglichkeit zur Objektivierung der Leistungsminderung**

Inaugural-Dissertation

Zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Hildegard Maier
aus Horb

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Tiermedizin
der Universität München.

Dekan: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Referent: Prof. Dr. H. J. Ehrlein

Korreferent: Prof. Dr. H. Kraft

Tag der Prüfung: 25. Februar 1977



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Literatur	
1. Einfluß des kardio - pulmonalen Systems auf die Leistungsfähigkeit	2
2. Regulation der Herzschlagfrequenz	3
3. Zusammenhang zwischen Funktionsstörungen des kardio-pulmonalen Systems und der Herzschlag- frequenz bei Belastung	4
3.1. Lungenerkrankungen	4
3.2. Herzerkrankungen	5
3.2.1. Klappenstenosen und Klappeninsuffizienzen	6
3.2.2. Vorhofflimmern	7
3.3. Kehlkopfpfeifen	7
4. Funktionsstörungen des kardio - pulmonalen Systems und die Erholungswerte nach einer Belastung	8
5. Testverfahren	8
6. Möglichkeiten der Herzschlagfrequenzmessung	10
Eigene Untersuchungen	
1. Methoden	12
1.1. Klinische Untersuchung	
1.1.1. Chronische Lungenerkrankung	12
1.1.2. Chronische Herzerkrankung	14
1.1.3. Kehlkopfpfeifen	14
1.2. Messung der Erholungswerte	15

	Seite
1.3. Stufenbelastungstest	
1.3.1. Messung der Herzschlagfrequenz und der Laufgeschwindigkeit	15
1.3.2. Durchführung des Belastungstest	16
2. Material	19
2.1. Gesunde Pferde	19
2.2. Kranke Pferde	20
3. Statistische Auswertung	21
4. Ergebnisse	
4.1. Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung bei gesunden Pferden	22
4.2. Befunde der Pferde mit chronischer Lungenerkrankung	
4.2.1. Hochgradiges chronisches Emphysem	25
4.2.2. Hochgradige chronische Bronchitis	29
4.2.3. Mittelgradige chronische Bronchitis	33
4.2.4. Geringgradige chronische Bronchitis	36
4.2.5. Vergleich der Belastungswerte bei verschiedenen Schweregraden der chronischen Lungenerkrankung	39
4.2.6. Erholungswerte von Pferden mit chronischer Lungenerkrankung	42
4.3. Befunde der Pferde mit chronischer Herzerkrankung	
4.3.1. Herzklappenfehler	44
4.3.2. Vorhofflimmern	44
4.3.3. Tachyarrhythmie bei Belastung	47
4.4. Pferde mit Kehlkopfpeifen	51
Diskussion	
1. Methodisches	
1.1. Vergleich zwischen Stufenbelastungstest und Untersuchung auf der Tretmühle	55
1.2. Art und Größe des Platzes	57

	Seite
1.3. Einfluß der Witterung	58
1.4. Einfluß von Erregbarkeit und Training	59
1.5. Verläßlichkeit des Stufenbelastungstests	60
2. Stufenbelastungstest bei erkrankten Pferden	
2.1. Pferde mit chronischer Lungenerkrankung	
2.1.1. Zusammenhang zwischen klinischer Untersuchung und Belastungstest	61
2.1.2 Bedeutung der Erholungswerte	63
2.2. Pferde mit chronischer Herzerkrankung	64
2.3. Pferde mit Kehlkopfpeifen	65
3. Abschließende Betrachtung über den Stufenbelastungs- test bei Pferden mit chronischen Lungen-, Herz- und Kehlkopferkrankungen	67
Zusammenfassung	68
Summary	69
Literaturverzeichnis	70



Digitized by the Internet Archive
in 2026

EINLEITUNG

Vom Reitpferd wird eine ähnliche körperliche Leistungsfähigkeit wie vom Sportler verlangt. Daher erhalten Untersuchungen über Leistungsminderung durch Erkrankung für das Pferd dieselbe Bedeutung wie in der Humanmedizin. Oft reicht aber die klinische Untersuchung allein nicht aus, um sich ein genaues Bild über das Ausmaß der Funktionsminderung, zum Beispiel durch eine chronische Bronchitis oder einen Herzklappenfehler, machen zu können.

Die für chronische Lungen- und Herzerkrankungen übliche Messung der Erholungsherzschlag- und Erholungsatemfrequenz nach einer Belastung von 10 bis 20 Minuten im Trab an der Longe wird heute angezweifelt, da die Arbeitsmenge an der Longe nicht genau genormt werden kann. Mit der Fortentwicklung der Technik ist es möglich geworden, die Herzschlagfrequenz während einer definierten Belastung zu messen. Tests dieser Art wurden gemacht, um die Leistungsfähigkeit gesunder Pferde zu ermitteln. Es ist anzunehmen, daß entsprechende Tests sich eignen, um die Einschränkung der Leistungsfähigkeit bei erkrankten Pferden zu erfassen.

In der vorliegenden Arbeit soll festgestellt werden, in wieweit der Grad der Leistungsminderung bei chronischen Lungen-, Herz- und Kehlkopferkrankungen durch Messung der Herzschlagfrequenz während einer Stufenbelastung (EHRLEIN et al., 1970) ermittelt werden kann. Es soll außerdem geprüft werden, ob vergleichbare Ergebnisse zwischen den Erholungswerten nach Belastung, der Herzschlagfrequenz während der Belastung und der klinischen Untersuchung bestehen.

LITERATUR

1. EINFLUSS DES KARDIO - PULMONALEN SYSTEMS AUF DIE LEISTUNGS-
FÄHIGKEIT

Unter dem Begriff der Leistungsfähigkeit wird in dieser Arbeit die Dauerleistungsfähigkeit (= aerobe Leistungsfähigkeit) verstanden, die davon abhängt, ob der arbeitenden Muskulatur genügend Sauerstoff zugeführt wird (STEGEMANN, 1971). Die Sauerstoffversorgung der Muskulatur wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, unter anderem vom kardio - pulmonalen System.

Durch Ventilation wird der Sauerstoff in die Lunge gebracht und diffundiert von dort durch die Alveolenwände ins Blut. Im Blut bindet sich der Sauerstoff fast ausschließlich an das Hämoglobin der Erythrozyten (SCHEUNERT, TRAUTMANN, 1965). Das Herz befördert als Pumpsystem des Blutkreislaufs den Sauerstoff zu den arbeitenden Zellen. Den umgekehrten Weg geht das Stoffwechselendprodukt, das Kohlendioxyd. Es wird von der Zelle zur Lunge transportiert und dort ausgeschieden.

Je mehr der Körper Sauerstoff verbraucht, desto mehr muß das kardio - pulmonale System den Sauerstofftransport forcieren.

Das Herz muß sein Herzminutenvolumen, das ist die in der Minute ausgeworfene Blutmenge, so einstellen, daß der je nach Intensität wechselnde Sauerstoffbedarf der Organe jederzeit gedeckt wird. Nach dem Fickschen Prinzip ist das Herzminutenvolumen quantitativ mit der Sauerstoffaufnahme der Lunge verknüpft:

$$Q_{O_2} = \text{HMF} \times \text{AVD} = V_s \times \text{Fr} \times \text{AVD} \quad \text{" Ficksches Prinzip }$$

Q_{O_2} bedeutet die Sauerstoffaufnahme pro Minute, HMF das Herzminutenvolumen, das sich aus Schlagvolumen V_s mal Herzschlagfrequenz Fr ergibt, und AVD die atriovenöse Differenz der Sauerstoffkonzentration zwischen zufließendem und abfließendem Blut in der Lunge. Die

atriovenöse Differenz zeigt dabei in Ruhe unter physiologischen Verhältnissen einen konstanten Wert (REEVWS et al., 1961). Daraus ergibt sich, daß das Herzminutenvolumen eng mit dem Sauerstoffverbrauch und dadurch mit der damit zusammenhängenden Sauerstoffaufnahme korreliert ist. Auch bei Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs durch Muskelarbeit ergibt sich eine lineare Korrelation, obwohl die atriovenöse Differenz wesentlich ansteigt (TRAUTWEIN et al., 1972). Die Ursache dafür ist, daß der Muskel einen immer größeren Anteil des Herzminutenvolumens beansprucht und seine arteriovenöse Differenz sich rasch auf einen hohen, aber konstanten Wert einstellt. Diese Beziehung wurde sowohl beim Menschen als auch bei Pferden und Hunden untersucht (BARGER et al., 1956).

Das Herzminutenvolumen ist, wie bereits beschrieben, das Produkt aus Schlagvolumen und Herzschlagfrequenz. Untersuchungen an Menschen, Pferden und Hunden haben ergeben, daß sich das Schlagvolumen bei Arbeit nur geringgradig verändert (RUSHMER, 1961; TABAKIN et al., 1964; SJÖSTRAND, 1967; SMITH und HAMLIN, 1970; DETWEILER, 1973; BERGSTEN, 1974). So kommt die Vergrößerung des Herzminutenvolumens im wesentlichen beim Gesunden durch die Erhöhung der Herzschlagfrequenz zustande (TRAUTWEIN et al., 1972).

Hiermit ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Herzschlagfrequenz und Sauerstoffaufnahme.

2. REGULATION DER HERZSCHLAGFREQUENZ

Die Herzschlagfrequenz wird bei Arbeit von der Peripherie her durch den Sauerstoffbedarf beziehungsweise durch Stoffwechselendprodukte oder andere Faktoren reguliert (STEGEMANN, 1971). Wenn durch das Kreislaufsystem der Sauerstoffbedarf gedeckt wird, stellt sich die Herzschlagfrequenz auf einen konstanten Wert - "steady state" ein. Wenn dagegen die Sauerstoffversorgung des Muskels nicht ausreicht, zum

Beispiel bei Überschreiten der Dauerleistungsgrenze, dann wird durch den Sauerstoffmangel in der Peripherie die Herzschlagfrequenz kontinuierlich erhöht. Dieser Herzschlagfrequenzanstieg wird als Ermüdungsanstieg bezeichnet (MÜLLER, 1950).

3. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN FUNKTIONSTÖRUNGEN DES KARDIO - PULMONALEN SYSTEMS UND DER HERZSCHLAGFREQUENZ BEI BELASTUNG

Durch jede Funktionsminderung innerhalb des kardio - pulmonalen Systems wird die maximale Sauerstoffaufnahme eingeschränkt. Um die Sauerstoffversorgung des Körpers trotzdem zu gewährleisten, versucht das kardio - pulmonale System dieses Defizit zu kompensieren. Geringgradige Funktionsminderungen machen sich erst bei Belastung bemerkbar, wenn große Muskelgruppen beansprucht werden und alle Mechanismen, die am Sauerstoff- und Kohlendioxidtransport beteiligt sind, vermehrt aktiviert werden (NORMAN et al., 1975).

3.1. Lungenerkrankung

Pathologische Veränderungen der Lunge führen zu Störungen in der Ventilation, Diffusion und Perfusion des Sauerstoffs in den Blutkreislauf (KNIPPING et al., 1970). Diese haben je nach Krankheitsbild eine verschieden große Bedeutung.

Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich auf die chronischen Lungenerkrankungen. Sie werden beim Pferd von DEEGEN und ZICHNER (1970) nach rein klinisch sichtbaren Symptomen in geringgradige, mittelgradige, hochgradige chronische Bronchitis und hochgradiges chronisches Emphysem eingeteilt.

GERBER (1968) und McPHERSON (1974) machen eine ähnliche Einteilung der chronischen Lungenerkrankungen des Pferdes. Sie

unterscheiden aber noch zwischen asthmatisch bedingten und nicht asthmatisch bedingten Erkrankungen. GERBER (1968) diagnostiziert die asthmatische Form mit Hilfe von Cortisongaben.

Bei Bronchitis- und Emphysemformen ist hauptsächlich mit Ventilationsstörungen zu rechnen. Diese ergeben nach Untersuchungen beim Menschen die meisten primär - pulmonalen respiratorischen Arbeitsinsuffizienzen mit deutlicher Dyspnoe bei Belastung. Messungen der Belastungsherzschlagfrequenz von emphysemkranken Menschen ergeben sowohl bradycarde wie tachycarde Befunde, wobei die bradycarden eine geringere Belastungstoleranz aufweisen als die tachycarden, weil dort die Herz- Kreislaufkompensation wegfällt (ANTHONY und VENRATH, 1962).

Bei Belastungsuntersuchungen von emphysemkranken Pferden wurden von den verschiedenen Autoren (PERSSON, 1968; BERGSTEN, 1974) unterschiedliche Ergebnisse berichtet. PERSSON (1968) fand eine signifikante Erhöhung der Belastungsherzschlagfrequenz im Vergleich zu gesunden Pferden, BERGSTENS (1974) Untersuchungen von emphysemkranken Pferden wiesen dagegen keine Veränderungen der physiologischen Werte auf.

3.2. Herzerkrankungen

Wie vorher dargelegt wurde, hängt der Sauerstofftransport im wesentlichen vom Herzminutenvolumen ab und dieses wiederum vom Schlagvolumen und vorallem der Herzschlagfrequenz. Alle Faktoren, welche das Schlagvolumen beeinflussen, führen zu einer Änderung der Herzschlagfrequenz bei Belastung. Bei einer Erhöhung des Schlagvolumens (Sportlerherz) kann entsprechend die Herzschlagfrequenz verringert werden, umgekehrt muß bei einer Verringerung des Schlagvolumens infolge von pathologischen Veränderungen des Herzens die Herzschlagfrequenz bei Belastung entsprechend gesteigert werden, um den Sauerstoffbedarf der Muskulatur zu gewährleisten (MELLERO-

WICZ, 1975). Die Herzschlagfrequenz steigt bei Herzerkrankungen mit Verringerung des Schlagvolumens wie unter physiologischen Verhältnissen linear mit der Arbeit an. Je mehr also das Schlagvolumen reduziert ist, um so steiler steigt die Belastungsherzschlagfrequenz an (SJÖSTRAND, 1961).

3.2.1. Klappenstenosen und Klappeninsuffizienzen

Beim Menschen ist bekannt, daß bei dekompensierten Klappenstenosen und Klappeninsuffizienzen die Herzschlagfrequenz stärker ansteigt als bei gesunden Menschen (KNIPPING et al., 1960; WAHLUND, 1948 - Abb. 1). Erhöhungen der Herzschlagfrequenz zeigen sich oft erst während der Arbeit. Man spricht dann von Arbeitsinsuffizienz (REINDELL et al., 1967).

Von PERSSON (1968) untersuchte Pferde mit Klappenerkrankungen zeigten ähnliche Insuffizienzerscheinungen.

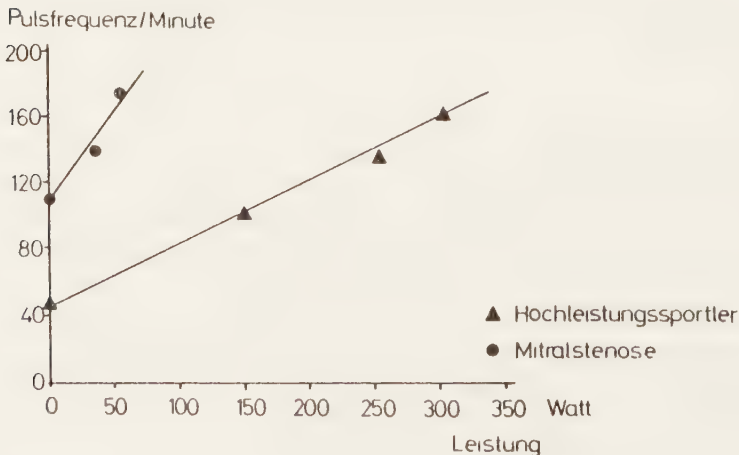


Abb. 1: Bestimmung des physischen Arbeitsvermögens nach WAHLUND (1948)
modifiziert

3.2.2. Vorhofflimmern

Vorhofflimmern mit Arrhythmie und normaler Herzschlagfrequenz in Ruhe führt beim Menschen in 2/3 der Fälle zu einer Tachyarrhythmie unter Belastung (BECKER, 1968).

Pferde mit Vorhofflimmern hatten nach Untersuchungen von PERSSON (1968), HOLMES (1969), DEEGEN (1971) und HALL et al. (1976) entsprechende Befunde.

3.3. Kehlkopfpfeifen

Nach der " Kaiserlichen Verordnung " ist Kehlkopfpfeifen eine durch einen chronischen und unheilbaren Krankheitszustand des Kehlkopfes oder der Luftröhre verursachte und durch ein hörbares Geräusch gekennzeichnete Atemstörung. Zu 99 % wird sie durch eine totale oder partielle Recurrenslähmung, welche zu einer Stimmbandlähmung führt, verursacht. In dieser Arbeit werden nur solche Fälle untersucht.

Charakteristisch für die Recurrenslähmung ist das inspiratorische Stenosenengeräusch, welches in der Regel erst in der Bewegung zu hören ist. Nur bei sehr hochgradigen Fällen und doppelseitigen Stimmbandlähmungen ist es schon in der Ruhe feststellbar. Schwerere Grade des Kehlkopfpfeifens zeigen eine inspiratorische Dyspnoe, welche zu Zyanose der Schleimhäute und nach forcierter Bewegung sogar zu Erstickungsanfällen und Zusammenbrechen führen kann (FRÖHNER, 1955).

Es kann danach angenommen werden, daß die Stimmbandlähmung bei Belastung ein Sauerstoffdefizit im Körper verursacht, welches zu einer Erhöhung der Belastungs Herzschlagfrequenz führen kann. Untersuchungen darüber sind jedoch noch nicht durchgeführt worden.

4. FUNKTIONSSTÖRUNGEN DES KARDIO - PULMONALEN SYSTEMS UND DIE ERHOLUNGSWERTE NACH EINER BELASTUNG

Die chronische Bronchitis und das hochgradige chronische Emphysem sowie auch chronische Herzerkrankungen fallen nach der " Kaiserlichen Verordnung " aus dem Jahre 1898 unter den Begriff der Dämpfigkeit. Die Dämpfigkeit wird als Atembeschwerden, die durch unheilbare chronische Krankheitszustände der Lunge und des Herzens bedingt sind, definiert (FRÖHNER, 1955). Die allgemeinen Symptome der Dämpfigkeit sind die vermehrte Atemfrequenz nach 10 bis 20 Minuten mäßiger Belastung bis zum Schweißausbruch, die inspiratorische und expiratorische Dyspnoe, die verzögerte Beruhigung der Atmung und Husten.

5. TESTVERFAHREN

Um beim Menschen den Grad der Funktionsminderung durch Erkrankungen innerhalb des kardio - pulmonalen Systems zu messen und damit den klinischen Befund zu objektivieren, wurden verschiedene Untersuchungsmethoden entwickelt. Dabei gleichen sich die Methoden für die Lungen- und Herzfunktionsprüfung. Die Ursache dafür ist, daß Störungen in beiden Organen in der Regel zu den gleichen Symptomen führen, denn die gemeinsame Aufgabe des kardio - pulmonalen Systems ist die Sauerstoffversorgung der Körperzellen. Mit Hilfe der klinischen Untersuchung muß also festgestellt werden, welches Organ erkrankt ist.

Am erkrankten Pferd sind Funktionsprüfungen in Ruhe, vergleichende Untersuchungen in Ruhe und nach genormter Belastung sowie Untersuchungen während einer Belastung möglich. Bisher wurden bei Pferden durchgeführt :

A Funktionsprüfungen in Ruhe :

1. atemmechanische Untersuchungen - SPÖRRI und LEEMANN (1964),

SPÖRRI und ZEROBIN (1964), SPÖRRI und DENAC (1967, 1970 1 und 1970 2), FURUNKAWA (1972), DENAC (1976) und GRETENER (1976);

2. Blutgas- und Blut-pH - Messungen - MEISTER et al. (1976);
3. Blutdruckmessungen - SPÖRRI und DENAC (1969), EBERLY (1966), HEBEL (1975).

B Vergleichende Funktionsprüfungen in Ruhe und nach genormter Belastung :

1. Blutgas- und Blut-pH - Messungen - BOLZ und BIENEK (1961), GILLESPIE (1964), SASSE (1971), REINHARD und HURTIENNE (1971), BERGSTEN (1974).

C Funktionsprüfungen während der Belastung :

1. atemmechanische Untersuchungen - SASSE (1971);
2. Blutdruckmessungen - BERGSTEN (1974);
3. Herzschlagfrequenzmessungen - PERSSON (1968), HOLMES et al. (1969), DEEGEN (1971), BERGSTEN (1974) und HALL et al. (1976).

Außer den Belastungsherzschlagfrequenzmessungen haben die hier aufgezählten Untersuchungen nur für lungenkranke Pferde Bedeutung. Die Herzschlagfrequenzmessungen wurden sowohl bei chronisch lungenkranken Pferden (PERSSON, 1968; BERGSTEN, 1974) als auch bei chronisch herzkranken Pferden (HOLMES et al., 1969; DEEGEN, 1971; HALL et al., 1976) durchgeführt.

Geringgradige Funktionsstörungen des kardio - pulmonalen Systems bleiben in Ruhe oft unbemerkt (PERSSON, 1968; NORMAN, 1975), daher werden den Belastungsuntersuchungen eine besondere Bedeutung zugemessen.

Belastungsuntersuchungen in der Humanmedizin werden im allgemeinen am Drehkurbel-, Fahrrad- und Laufbandergometer sowie als Kletterstufentest durchgeführt (KALTENBACH, 1974). Die Untersuchungen von PERSSON (1968), SASSE (1971) und BERGSTEN (1974) mit Pferden auf der Tretmühle sind mit denen auf dem Laufbandergometer vergleichbar. Sie führten die Untersuchungen entweder während einer

definierten Geschwindigkeitsstufe oder sofort nach Ende einer genau genormten Belastung aus. Die maximale Belastbarkeit, die sich in der Laufgeschwindigkeit ausdrückt, ist auf diesen Tretmühlen jedoch begrenzt.

EHRLEIN et al. (1970) entwickelten einen Stufenbelastungstest unter dem Reiter. Die Laufgeschwindigkeit wird dabei stufenweise vom Reiter erhöht, wodurch ein hoher Geschwindigkeitsgrad möglich wird. Gemessen wird bei diesem Test nur die Belastungsherzschlagfrequenz im Gegensatz zu den von oben genannten Autoren durchgeführten Untersuchungen, bei welchen unter anderem atemmechanische, Blutdruck- und Blutgasmessungen durchgeführt wurden. Je umfangreicher solche Untersuchungen sind, umso besser wird die Beurteilung der Funktionseinschränkung des kardio - pulmonalen Systems. Es sollten jedoch Testverfahren gefunden werden, welche nicht an aufwendige Apparaturen gebunden sind und unter Praxisbedingungen einfach durchzuführen sind, aber trotzdem Aussagekraft für die Funktionsuntersuchung des kardio - pulmonalen Systems besitzen. Der Stufenbelastungstest wurde bisher angewendet, um die Leistungsfähigkeit von gesunden Pferden zu untersuchen. Nur HALL et al. (1976) testeten in einer ähnlichen Form herzkrankte Pferde. Sie werteten aber nur die Herzschlagfrequenz bei Laufgeschwindigkeiten zwischen 400 m/min und 800 m/min aus.

In dieser Arbeit wird der Stufenbelastungstest durchgeführt, um die Belastungsherzschlagfrequenz bei Pferden mit chronischen Lungen-, Herz- und Kehlkopferkrankungen zu untersuchen.

6. MÖGLICHKEITEN DER HERZSCHLAGFREQUENZMESSUNG

In Ruhe läßt sich die Herzschlagfrequenz durch Auszählen des Pulses oder durch Auskultation des Herzens sowie durch Aufnahme des Elektrokardiogramms (EKG) bestimmen.

Durch das Elektrokardiogramm werden die elektrischen Potentiale,

die das Herz bei seiner Tätigkeit erzeugt, aufgezeichnet. Für die klinisch - diagnostische Elektrokardiographie werden hauptsächlich Ableitungspunkte auf der Körperoberfläche genommen ; dabei stellt das EKG die fortlaufenden Potentialdifferenzen zwischen zwei Punkten (Ableitungstellen) des Körpers dar (SPÖRRI, 1975).

Für das Pferd werden bei Ruheuntersuchungen die üblichen Extremitätenableitungen nach Einthoven, die unipolaren Extremitätenableitungen nach Goldberger sowie uni- und bipolare Brustwandableitungen verwendet (SPÖRRI, 1975).

Die Messung der Herzschlagfrequenz am laufenden Pferd ist praktisch nur durch Aufnahme des Elektrokardiogramms möglich. Nach Untersuchungen von Bayer (1966) eignen sich hierbei am besten Stirn und Unterbrust als Ableitungsstellen, weil hier am wenigsten Muskel-potentiale auftreten, die die Aufnahme während der Bewegung stören können. Diese Ableitungsstellen wurden auch von EHRLEIN et al. (1970) für den Stufenbelastungstest verwendet.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. METHODEN

Vor Durchführung eines Belastungstests wurden die Pferde einer klinischen Allgemeinuntersuchung mit besonderer Berücksichtigung von Herz, Lunge und Kehlkopf unterzogen. Danach wurden sie in Gruppen von Pferden mit chronischer Lungenerkrankung, chronischer Herzerkrankung und Kehlkopfpfeifen eingeteilt.

1.1. Klinische Untersuchung

1.1.1. Chronische Lungenerkrankung

Die Lungenuntersuchung wurde nach dem Untersuchungsschema von DEEGEN und ZICHNER (1970) durchgeführt. Danach wurde die Erkrankung in verschiedene Schweregrade eingeteilt.

a. geringgradige chronische Bronchitis

(ohne klinische Anzeichen einer Ruhedyspnoe,
ohne klinische Anzeichen einer Lungenerweiterung,
ohne klinische Anzeichen eines Cor pulmonale)

b. mittelgradige chronische Bronchitis

(ohne klinische Anzeichen einer Ruhedyspnoe,
mit klinischen Anzeichen einer Lungenerweiterung,
ohne/mit klinischen Anzeichen eines Cor pulmonale)

c. hochgradige chronische Bronchitis

(mit klinischen Anzeichen einer Ruhedyspnoe,
mit klinischen Anzeichen einer Lungenerweiterung,
mit/ohne klinische Anzeichen eines Cor pulmonale)

1)

SYMPTOME DIAGNOSEN		FREQUENZ- ERHÖHUNG		Herz	Lunge	Fieber	Husten	Ruhedyspnoe	LUNGENPERKUSSION		LUNGENAUSKULTATION			2.HERZTON ÜBER MITRALIS gleich xx lauter als 1. Herzton xxx
									Überlauter Schall	Deform- ierung der Lungen- grenzen	Atemgeräusche	Gleichen und Rassel- knister- ge- rascheln	herd- förmig Knister- rascheln	
geringer.chronische Bronchitis ohne Ruhedyspnoe, ohne Lungenerweiterung, ohne Cor pulm.Hinweis														
mittler.chronische Bronchitis ohne Ruhedyspnoe, mit Lungenerweiterung, ohne/mit Cor pulm.Hin- weis														
hochar.chronische Bronchitis mit Ruhedyspnoe, mit Lungenerweiterung, ohne/mit Cor pulm.Hin- weis														
hochar.chronisches Emphysem mit Bronchitis-symptomen, mit Ruhedyspnoe, mit Lungenerweiterung, mit Cor pulm.Hinweis														

TABELLE 1: Klinische Symptomatologie bei chronischen Lungenerkrankungen des Pferdes

(DEEGEN und ZICHNER, 1970)

- 1) Physiologische Herzschlagfrequenz = 28 bis 40;
 Physiologische Atemfrequenz = 8 bis 16 (SCHEUNERT und TRAUTMANN, 1965).

d. hochgradiges chronisches Emphysem

- (mit Bronchitis Symptomen,
mit klinischen Anzeichen einer Ruhedyspnoe,
mit klinischen Anzeichen einer Lungenerweiterung,
mit klinischen Anzeichen eines Cor pulmonale).

Bei einer Ruhedyspnoe muß mindestens eines der folgenden Symptome vorhanden sein:

1. Nüsternatmen, verstärkte kostale Atmung, Einziehen der Zwischenrippenräume (inspiratorisch)
 2. Doppelschlägigkeit der Ausatmung, Dampf Rinne, abdominale Atmung, Afteratmung (expiratorisch)
- oder nach der Erfahrung aus der vorliegenden Arbeit
3. stark erhöhte Atemfrequenz

Außerdem wurde von jedem lungenkranken Pferd ein Ruheelektrokardiogramm aufgezeichnet, um Reizleitungsstörungen des Herzens ausschließen zu können.

1.1.2. Chronische Herzerkrankung

Die Diagnose der Herzerkrankung wurde durch Auskultation des Herzens und durch Aufnahme eines Ruheelektrokardiogramms gestellt. Auf diese Weise war es möglich, Herzklappenerkrankungen und Herzarrhythmien festzustellen. Außerdem wurde die subjektive Leistungsfähigkeit beurteilt.

Bei Vorliegen einer Herzarrhythmie wurde der zeitliche Abstand zwischen 2 Herzschlägen in Ruhe und während der Belastung ausgemessen und in einem Tachokardiogramm aufgezeichnet.

1.1.3. Kehlkopfpfeifen

Durch forciertes Longieren im Galopp und durch Endoskopie wurden die Pferde auf Kehlkopfpfeifen untersucht. Nach dem Endoskopiebefund

wurde der Schweregrad einer Hemiplegia sinistra beurteilt. Die Hemiplegia sinistra war in den vorliegenden Untersuchungen die einzige festgestellte Ursache für Kehlkopfpeifen.

1.2. Messung der Erholungswerte

Von den chronisch lungenkranken Pferden wurden die Erholungswerte von Puls- und Atemfrequenz ausgewertet. Dazu wurden sie 20 Minuten in ruhigem Trab auf verschiedenen Sandplätzen longiert. Puls und Atmung wurden 10, 20 und 30 Minuten nach der Belastung ausgezählt. Die Differenz zwischen dem Ruhewert von Puls und Atmung und dem Wert nach 20 Minuten Erholung wurde errechnet und mit dem Schweregrad der Lungenerkrankung sowie mit dem Ergebnis des Stufenbelastungstests verglichen.

1.3. Stufenbelastungstest

1.3.1. Messung der Herzschlagfrequenz und der Laufgeschwindigkeit

In einem Belastungstest wurde die Herzschlagfrequenz während einer definierten körperlichen Belastung der Pferde mit Hilfe des Elektrokardiogramms gemessen.

Für die Ableitungsstellen des Elektrokardiogramms an Stirn und Unterbrust wurden Klebeelektroden nach EHRLEIN et al. (1970) verwendet. Diese waren durch ein Kabel mit einem Kassettenrecorder (Philips) verbunden. Das Signal des Elektrokardiogramms wurde durch einen zwischengeschalteten EKG - Verstärker und Modulator in einen verstärkten Ton umgewandelt und auf das Tonband gespeichert. Der Reiter trug die Geräte in einer dafür angefertigten Jacke.

Zur Bestimmung der Laufgeschwindigkeit der Pferde wurde die Teststrecke ausgemessen und gekennzeichnet. Eine zweite Person

stoppte jeweils die Zeit, wenn das Pferd eine Markierung passierte. Aus Strecke und Zeit wurde die Geschwindigkeit errechnet. Außerdem gab der Reiter mit einem Schalter, den er am Zeigefinger trug und der in Verbindung mit dem Tonbandgerät stand, Signale, wenn er an den einzelnen Markierungen vorbei ritt. Diese Signale ermöglichten die Zuordnung der Herzschlagfrequenz zu den entsprechenden Teilstrecken.

Die momentane Herzschlagfrequenz wurde von dem Tonbandgerät aus der hörbargemachten R- Zacke des Elektrokardiogramms ermittelt. Es wurde mit einem Zählgerät (Statitest) im Schritt und im Trab jeweils 30 Sekunden und im Galopp 15 Sekunden im Rhythmus der R-Zacke mitgezählt und daraus die durchschnittlichen Herzschlagfrequenzen für eine Teilstrecke errechnet.

Zur Kontrolle wurde das auf Tonband gespeicherte Elektrokardiogramm von 5 Versuchen nach entsprechender Demodulation auf einen Schreiber übertragen (Papiergeschwindigkeit 50 mm/sec) und die momentane Herzschlagfrequenz aus dem R-Zackenabstand ausgemessen. Dabei ergab sich keine Abweichung zu der Auswertung mit dem Zählgerät.

1.3.2. Durchführung des Belastungstests

Im Belastungstest wurden die Pferde einer Stufenbelastung nach EHRLEIN et al. (1970) unterzogen. Diese hat sich als die geeignetste Form des Belastungstests herausgestellt.

Die Untersuchungen wurden auf 4 verschiedenen Plätzen an 3 Orten durchgeführt. Sie richteten sich nach den Möglichkeiten, Patiententmaterial zu erhalten (TABELLE 2).

TABELLE 2 : Reitplätze, auf denen Stufenbelastungstests durchgeführt wurden

PLATZ	BODENART	UMFANG
A - Riem-Halle	Loheboden	164 m
B - Riem-Bahn	mitteltiefer Sandboden	532 m
C - Marbach-Bahn	mitteltiefer Sandboden	230 m
D - Weil der Stadt-Halle	Loheboden	100 m

Die Pferde wurden vom Stall bis zu den nahe gelegenen Testplätzen im Schritt geführt, um einen Anstieg der Herzschlagfrequenz vor dem Test zu vermeiden. Damit sich die Pferde möglichst wenig während des Tests aufregten und somit eine störende Erhöhung der Herzschlagfrequenz durch äußere Einflüsse unbedeutend blieb, wurden sie zuvor auf dem Platz, je nach Temperament mehr oder weniger lang, im Schritt geführt oder ruhig geritten. Dies war vor allem bei den Pferden von Bedeutung, für die der Platz fremd war. Unruheerscheinungen während des Tests wurden im Protokoll vermerkt.

Die Pferde mußten bestimmte Strecken im Schritt, im Trab und in zwei Galoppgeschwindigkeiten zurücklegen. Die Länge der Teilstrecken war so bemessen, daß einerseits die Herzschlagfrequenz ein " steady state " erreichte, und daß andererseits der Ermüdungsanstieg nicht zu groß wurde. Die Reiter wurden angewiesen, in den einzelnen Teilstrecken ein gleichmäßiges Tempo zu reiten und im Galopp mindestens eine Geschwindigkeit von 400 m/min zu erreichen.

Die Belastungsschemen unterschieden sich etwas auf den einzelnen Plätzen wegen der unterschiedlichen Größe der Bahn :

Platz	Gangart	Teilstrecken		Geschwindigkeit
		Zahl	Länge	
A - Riem-Halle	Schritt	4	x 82m	90 - 100 m/min
	Trab	6	x 82m	160 - 200 m/min
	langsamer Galopp	6	x 82m	250 - 300 m/min
	schneller Galopp	6	x 82m	400 - 420 m/min
B - Riem-Bahn	Schritt	4	x 133m	100 - 110 m/min
	Trab	8	x 133m	230 - 250 m/min
	langsamer Galopp	8	x 133m	360 - 400 m/min
	schneller Galopp	8	x 133m	520 - 600 m/min
C - Marbach-Bahn	Schritt	2	x 165m	90 - 100 m/min
	Trab	6	x 165m	200 - 230 m/min
	langsamer Galopp	4	x 165m	290 - 330 m/min
	schneller Galopp	4	x 165m	400 - 450 m/min

In der ersten Teilstrecke nach Wechsel der Gangart wurde die Herzschlagfrequenz nicht ausgewertet, da sie in der Regel noch kein " steady state " erreichte.

Bei schwer erkrankten Pferden wurde aus tierschützerischen Gründen der Test abgekürzt, wenn deutliche Erschöpfungszustände erkenntlich wurden.

Die Untersuchungen wurden in dem Zeitraum von Mai 1973 bis September 1975 durchgeführt. Auf den Plätzen im Freien (Platz B und C) waren die Belastungstests nur von Frühjahr bis Herbst möglich, wogegen sie in der Halle (Platz A) auch im Winter durchführbar waren.

Die Halle in Weil der Stadt (Platz D) wurde nur für einen Test benutzt.

Es wurde darauf geachtet, daß keine extremen klimatischen Bedingungen vorlagen. Im Sommer wurde deshalb bei sehr heißer und feuchter Witterung morgens oder abends untersucht.

2. MATERIAL

Die Belastungstests wurden an gesunden und kranken Pferden durchgeführt. Die gesunden Tiere wurden untersucht, um für die Plätze in Riem ¹⁾ und Marbach ²⁾ Normalwerte zu erhalten.

2.1. Gesunde Pferde

In Riem wurden auf Platz A (Halle) 6 und auf Platz B (Bahn) 3 willkürlich ausgewählte Pferde untersucht. In Marbach (Platz C) wurden 8 Junghengste für die Normalwerte herangezogen. Unabhängig von diesen wurden in Marbach noch 3 güste Zuchtstuten getestet. Im Gegensatz zu den übrigen Pferden, bei welchen von einem Training von etwa 1 bis 2 Stunden täglich ausgegangen werden konnte, waren die 3 Stuten mindestens 1 Jahr nicht mehr belastet worden.

Auf Platz D in Weil der Stadt war es nicht möglich, gesunde Pferde zu untersuchen. (TABELLE 3)

TABELLE 3 : Untersuchte gesunde Pferde

PLATZ	ZAHL DER GESUNDEN PFERDE	ALTER (Jahre)	GESCHLECHT
A	6	3 - 10 J.	4 ♂, 2 ♀
B	3	6 - 8 J.	3 ♂
C	11	3 - 9 J.	8 ♂, 3 ♀
D	-	-	-

1) Die in Riem getesteten gesunden Pferde wurden aus Privatbesitz zur Verfügung gestellt, die kranken Pferde kamen aus der Tierarztpraxis Dr. Breuer und konnten mit Einverständnis der Besitzer untersucht werden.

2) Die in Marbach getesteten Pferde waren Eigentum des Haupt- und Landgestüts Marbach.

2.2. Kranke Pferde

Die kranken Pferde wurden je nach klinischem Befund in einzelne Gruppen eingeteilt und auf den verschiedenen Plätzen belastet.

Es wurden 33 Pferde mit chronischer Lungenerkrankung getestet. Davon waren 8 Pferde an chronischem Emphysem, 6 Pferde an hochgradiger chronischer Bronchitis, 15 Pferde an mittelgradiger chronischer Bronchitis und 4 Pferde an geringgradiger chronischer Bronchitis erkrankt. Außerdem wurden 5 Pferde mit chronischer Herzkrankung - 3 Pferde mit einem Herzklappenfehler und 2 Pferde mit Vorhofflimmern - und 4 Pferde mit Kehlkopfpfeifen untersucht.

(TABELLE 4)

TABELLE 4 : Untersuchte kranke Pferde

KLINISCHE DIAGNOSE	ALTER (Jahre)	GESCHLECHT	ZAHL DER PFERDE AUF PLATZ			
			A	B	C	D
Hochgr.chron.Emphysem	4 - 15 J.	2 ♂, 4 ♂, 2 ♀	4	1	3	
Hochgr.chron.Bronchitis	4 - 12 J.	6 ♂	5	1		
Mittelgr.chron.Bronchitis	4 - 14 J.	11 ♂, 4 ♀	14		1	
Geringgr.chron.Bronchitis	7 - 13 J.	2 ♂, 2 ♀	3		1	
Herzklappenfehler	6 - 8 J.	3 ♂	3			
Vorhofflimmern	4 - 14 J.	1 ♂, 1 ♂			1	1
Kehlkopfpfeifen	4 - 8 J.	1 ♂, 3 ♂	2	1	1	

3. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die statistische Auswertung erfolgte auf der Elektronischen Datenverarbeitungsanlage der Universität Hohenheim. Das für die vorliegende Arbeit erstellte Programm hat drei Aufgabenkomplexe zu bearbeiten :

1. Die Auswertung der Testwerte nach statistischen Kenngrößen, wie Mittelwert, Varianz, Standardabweichung und Korrelation,
2. die Bestimmung der Geraden mit den kleinsten Abweichungsquadranten (lineare Regression) und
3. die statistische Prüfung auf signifikante Unterschiede der Regressionskoeffizienten und bestimmter Regressionsgeradenwerte in der durch die Untersuchung festgelegten Gegenüberstellung der Testwerte.

Die Steigung b der Regressionsgeraden und die Höhe der Herzschlagfrequenz bei Geschwindigkeit 400 m/min wurden durch verschiedene T - Tests auf signifikante Unterschiede geprüft (LINDER, 1964 ; MATHER, 1973).

Der signifikante Unterschied wird im allgemeinen und auch in dieser Arbeit in 3 Abstufungen definiert (SACHS, 1972) :

Schwach signifikanter Unterschied	- $p < 0,05$	(das entspricht einer Wahrscheinlichkeit, ein Fehlurteil abzugeben, von kleiner als 5 %)
Signifikanter Unterschied	- $p < 0,01$	< 1 %
Hochsignifikanter Unterschied	- $p < 0,001$	< 0,1 %

4. ERGEBNISSE

4.1. Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung bei gesunden Pferden

Die mittlere Herzschlagfrequenz der einzelnen Teilstrecken wurde gegen die mittlere Geschwindigkeit der betreffenden Teilstrecken in einem Diagramm aufgetragen. Dabei ergab sich eine enge lineare Abhängigkeit zwischen Herzschlagfrequenz und Laufgeschwindigkeit. Daraus wurde die Regressionsgerade berechnet.

Es wurde jeweils eine gemeinsame Regressionsgerade von den auf den Plätzen A, B und C untersuchten gesunden Pferden berechnet. Die Herzschlagfrequenz bei Belastung war auf Platz B (mitteltiefer Sandboden, Umfang 532 m) deutlich geringer als auf Platz A (Loheboden, Umfang 164 m) und Platz C (mitteltiefer Sandboden, Umfang 230 m). (Abb. : 2)

HERZSCHLAFRE-
QUENZ/MINUTE

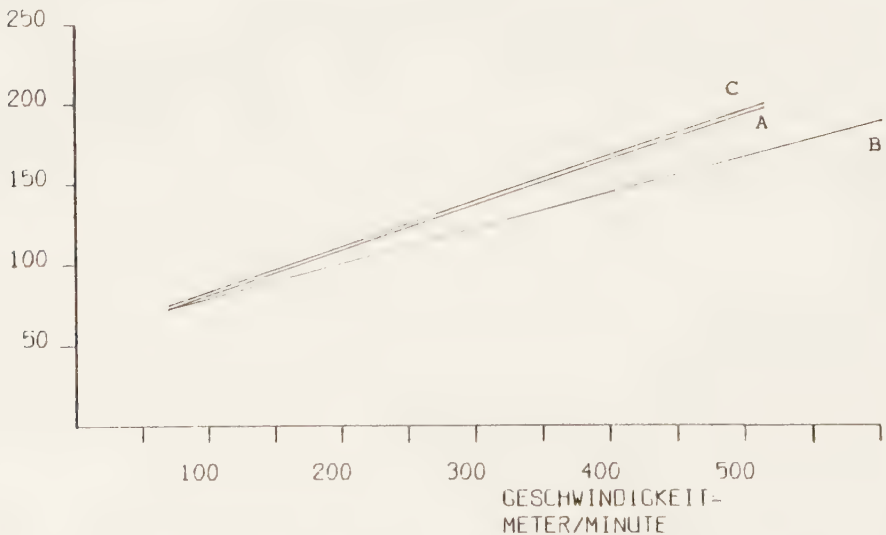


Abb. 2 : Normalgeraden der 3, mit gesunden Pferden untersuchten Plätze

Platz A Riem-Halle $y = 0,28x + 49,1$

Platz B Riem-Bahn $y = 0,22x + 53,7$

Platz C Marbach-Bahn $y = 0,28x + 51,1$

Auf Platz C (Marbach-Bahn) wurden 8 trainierte Junghengste und 3 untrainierte Stuten getestet. Diese 3 Stuten unterschieden sich in ihrer Belastungsherzschlagfrequenz nicht signifikant von den 8 Junghengsten.

Die Regressionsgeraden ergaben zwischen Platz A (Riem-Halle) und Platz C (Marbach-Bahn) keinen signifikanten Unterschied. Daher wurden die Regressionsgeraden von Platz A und Platz C, einschließlich der untrainierten Stuten zu einer gemeinsamen Regressionsgeraden zusammengefaßt. Diese Regressionsgerade wurde für Platz A und Platz C als Vergleich zu kranken Pferden herangezogen. (Abb. 3). Aus dieser Regressionsgeraden wurde die Herzschlagfrequenz bei der Laufgeschwindigkeit 400 m/min errechnet. Sie wurde als HF_{400} bezeichnet.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

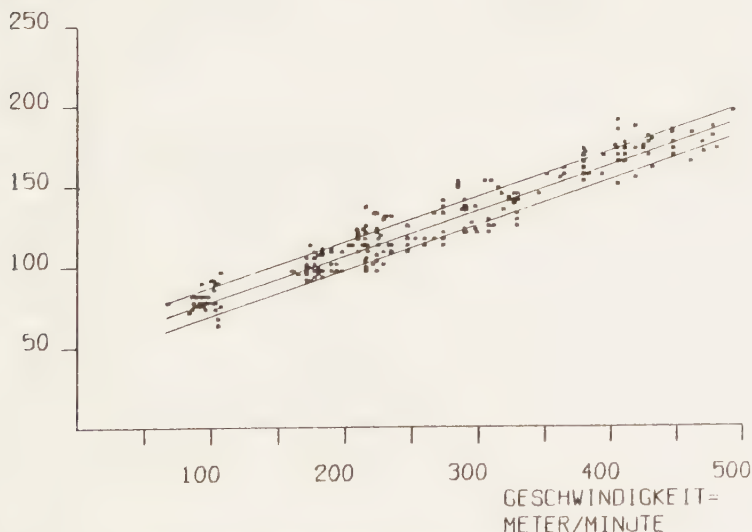


Abb. 3 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C getesteten gesunden Pferde ($n = 17$)

— Normalgerade von Platz A und C $y = 0,28x + 50,1$;
 $r = 0,96$;
 $s = \pm 8,9$;

Herzschlagfrequenz bei 400 m/min

(HF_{400}) = 163

Für kranke Pferde, welche auf Platz B (Riem-Bahn) getestet wurden, ist die Regressionsgerade und die daraus errechnete HF_{400} der auf diesem Platz untersuchten gesunden Pferde als Vergleichswert ermittelt worden. (Abb. 4)

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

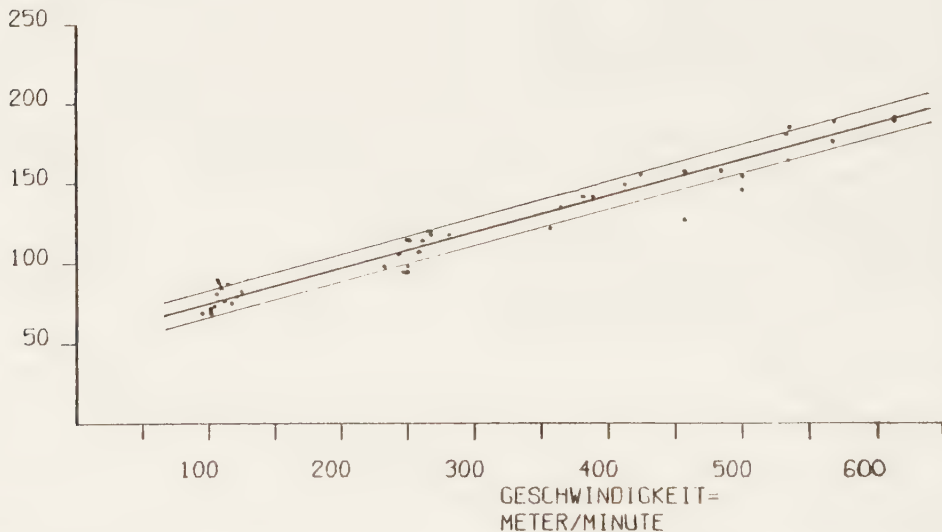


Abb. 4 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf Platz B getesteten gesunden Pferde ($n = 3$)

— Normalgerade von Platz B $y = 0,22x + 53,7;$
 $r = 0,98;$
 $s = \pm 8,9;$
 $HF_{400} = 141$

4.2. Befunde der Pferde mit chronischer Lungenerkrankung

4.2.1. Hochgradiges chronisches Emphysem

Klinische Untersuchung

Die Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem wiesen alle deutlich erweiterte Lungengrenzen auf. Die Ruhedyspnoe war bis auf 2 Pferde, bei welchen sich eine mittelgradige Ruhedyspnoe zeigte, sehr deutlich ausgeprägt. Außerdem sprachen bei allen die klinischen Symptome für ein Cor pulmonale. Die Lungengeräusche fielen vor allem durch Giemen, Rasselgeräusche und Knistern auf. (TABELLE 5)

TABELLE 5 : Klinische Befunde der Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem

PFERD Nr.	ALTER	GESCHL.	FREQUENZ- ERHÖHUNG		Fieber	Husten	Ruhedyspnoe	LUNGENPERKUSSION		LUNGENAUSKULTATION				2.HERZTON ÜBER MITRALIS gleich- laut XX lauter als 1.Herzton XXX	
			Herz	Lunge				Überlauter Schall Über hand- breit X zwei handbr. XX drei handbr. XXX	Deform- ierung der Lungen- grenzen	Atemgeräusche		Giemen und Rassel- ge- räusche	herd- förmig Knister- rascheln		
								sehr leise	herd- förmig nicht hörbar	ver- schärfte vesi- kulär					
73	13	♂	-	-	-	X	XXX	XXX	XXX	-	-	-	X	XXX	XXX
42	4	♂	-	X	-	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	XXX	XXX	XXX
41	11	♂	-	X	-	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	XXX	XX	XXX
71	12	♂	-	X	-	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	-	XXX	XXX
10	10	♀	X	X	-	X	XXX	XXX	XX	-	-	X	XXX	-	XX
30	15	♂	-	-	-	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	XXX	-	XXX
33	15	♂	-	-	-	X	XX	XX	XX	-	-	-	XX	-	XXX
13	8	♀	-	-	-	X	XX	XX	XXX	-	-	-	XX	-	XX

Aus der Gruppe der Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem wurden 4 Pferde nach dem Test geschlachtet und pathologisch untersucht. Die pathohistologische Untersuchung bestätigte in allen 4 Fällen den klinischen Befund.

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Auf Platz A und Platz C wurden insgesamt 7 Pferde und auf Platz B 1 Pferd mit hochgradigem chronischem Emphysem untersucht. Die aus Herzschlagfrequenz und Laufgeschwindigkeit ermittelte Regressionsgerade von jedem der 8 Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem ist in TABELLE 6 dargestellt sowie die errechneten signifikanten Unterschiede zwischen der Steigung und der Herzschlagfrequenz bei Geschwindigkeit von 400 m/min (HF_{400}) zu den gesunden Pferden des entsprechenden Platzes. Es ergaben sich, außer bei der Steigung der Regressionsgeraden von Pferd 73, bei allen Werten hochsignifikante Unterschiede zu den gesunden Tieren. Das Pferd 73 war im Schritt und im Trab bei Durchführung des Tests sehr erregt, wodurch sich die Herzschlagfrequenz deutlich erhöhte und die Steigung der Regressionsgeraden sich abflachte.

TABELL 6 : Stufenbelastung der Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem

PFERD Nr.	TESTPLATZ	FUNKTION DER GERADEN $y = bx + a$	HF_{400}	SIGNIFIKANZ ZUR ENTSPRECHENDE NORMALGERADEN der Steigung b	
					HF_{400}
73	A	$y=0,36x + 97,1$	240	++	+++ ¹⁾
42	A	$y=0,43x + 41,6$	215	+++	+++
41	A	$y=0,53x + 35,6$	246	+++	+++
71	A	$y=0,39x + 49,5$	205	+++	+++
10	C	$y=0,43x + 42,8$	215	+++	+++
30	C	$y=0,49x + 41,8$	239	+++	+++
33	C	$y=0,53x + 21,8$	241	+++	+++
13	B	$y=0,39x + 48,7$	204	+++	+++

1) hoch signifikant +++
 signifikant ++
 schwach signifikant +
 nicht signifikant o

In Abb. 5 sind die gemeinsamen Regressionsgeraden der auf Platz A und Platz C untersuchten 7 Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem im Vergleich zu der Normalgeraden, die sich aus den Regressionsgeraden der auf diesen Plätzen getesteten gesunden Pferde ergab, dargestellt. In Abb. 6 ist die Regressionsgerade des auf Platz C getesteten an hochgradigem chronischem Emphysem erkrankten Pferdes zu der Normalgeraden dieses Platzes abgebildet.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

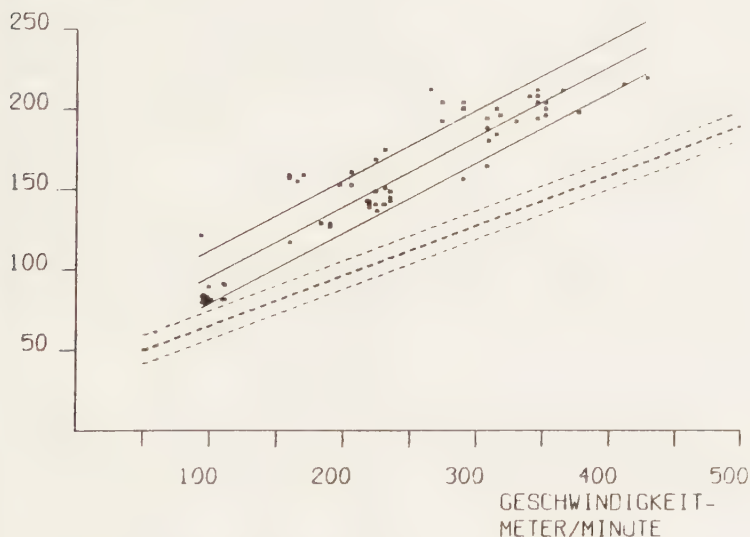


Abb. 5 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C getesteten Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem ($n=7$)

— Pferde mit hochgr.chron.Emphysem $y = 0,44x + 51,3$;
 $r = 0,94$; $s = \pm 16,5$;
 $HF_{400} = 227$

--- Normalgerade der Plätze A und C $y = 0,28x + 50,1$;
 $r = 0,96$; $s = \pm 8,9$;
 $HF_{400} = 163$

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

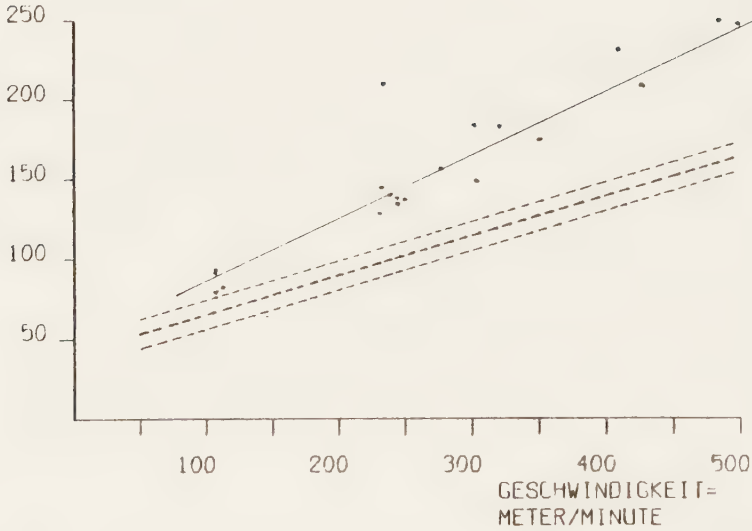


Abb. 6 : Regressionsgerade des auf Platz B getesteten Pferdes mit hochgradigem chronischem Emphysem ($n = 1$)

— Pferd mit hochgr.chron.Emphysem $y = 0,39x + 48,7;$
 $r = 0,94; \quad s = \pm 18,4$
 $HF_{400} = 205$

---- Normalgerade von Platz B $y = 0,22x + 53,7;$
 $r = 0,98; \quad s = \pm 8,9$
 $HF_{400} = 141$

4.2.2. Hochgradige chronische Bronchitis

Klinische Untersuchung

Wie die Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem zeigten die Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis eine hochgradige Ruhedyspnoe; nur 2 Pferde hatten eine mittelgradige Ruhedyspnoe. Die Lungengrenzen waren weniger deutlich erweitert als bei den Pferden mit hochgradigem chronischem Emphysem. Ein Cor pulmonale bestand nach dem klinischen Bild auch bei diesen Pferden. Bei den Pferden 34 und 35 wurde außerdem eine Insuffizienz der Mitralis festgestellt. Die Lungengeräusche waren denen des hochgradigen chronischen Emphysems ähnlich, aber etwas weniger deutlich. (TABELLE 7)

TABELLE 7: Klinische Befunde der Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis

PFERD Nr.	ALTER	GESCHL.	FREQUENZ-ERHÖHUNG		Fieber	Husten	Ruhedyspnoe	LUNGENPERKUSSION		LUNGENAUSKULTATION					2. HERZTON ÜBER MITRALIS gleichlaut als 1. Herzton
			Herz	Lunge				Überlauter Schall über handbreit zwei handbr. XX drei handbr. XXX	Deformierung der Lungengrenzen	Atemgeräusche			Gleiten und Rasselgeräusche	herdförmig knisternde Rascheln	
										sehr leise	herdförmig nicht hörbar	verschärft vesikulär			
34	7	♂	-	x	-	x	xxx	xx	x	-	-	-	x	-	Mitr.i.
35	7	♂	-	x	-	x	xxx	x	x	-	-	-	x	-	Mitr.i.
36	4	♂	x	-	-	x	xxx	x	x	-	-	-	xxx	-	xxx
74	14	♂	-	x	-	x	xx	xx	xx	-	-	-	xx	xx	xx
63	12	♂	-	x	-	x	xxx	-	-	x	-	-	x	-	xxx
24	8	♂	-	-	-	x	xx	xx	x	-	-	-	x	-	xx

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

5 Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis wurden auf den Plätzen A und C, 1 Pferd mit demselben Schweregrad der Lungenerkrankung auf Platz B untersucht. Die Regressionsgeraden dieser Pferde sowie die signifikanten Unterschiede zwischen der Steigung der Regressionsgeraden und der Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit 400 m/min (HF_{400}) zu den Werten der gesunden Pferde sind in TABELLE 8 dargestellt. Bei allen Werten wurden hochsignifikante Unterschiede zwischen kranken und gesunden Pferden festgestellt.

TABELLE 8 : Stufenbelastungstest der Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis

PFERD Nr.	TESTPLATZ	FUNKTION DER GERADEN $y = bx + a$	HF_{400}	SIGNIFIKANZ ZUR ENTSPRECHENDE NORMALGERADEN der Steigung b HF_{400}	
34	A	$y = 0,41x + 29,0$	196	+++	+++
35	A	$y = 0,37x + 36,1$	186	+++	+++
36	A	$y = 0,40x + 39,2$	199	+++	+++
74	A	$y = 0,34x + 44,2$	180	+++	+++
63	A	$y = 0,41x + 40,2$	203	+++	+++
24	B	$y = 0,31x + 68,0$	141	+++	+++

In Abb. 7 wurde die gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C getesteten 5 Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis im Vergleich zur entsprechenden Normalgeraden dargestellt. Die Regressionsgerade des auf Platz B untersuchten Pferdes mit derselben Erkrankung wurde in Abb. 8 entsprechend abgebildet.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

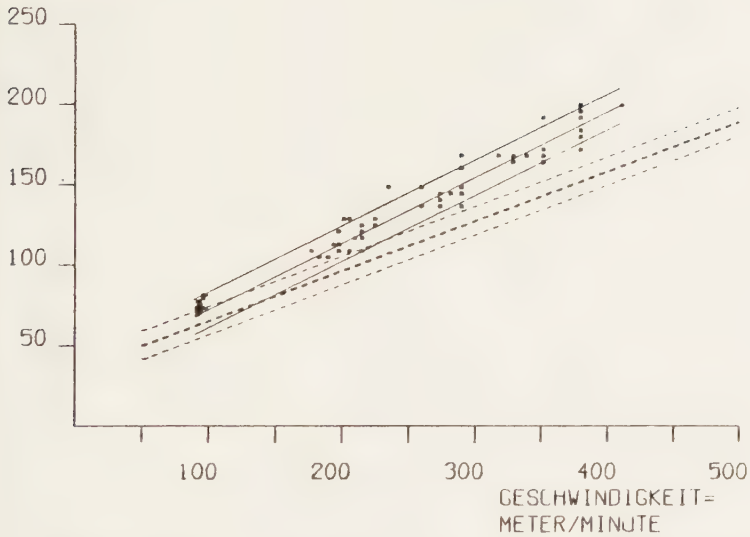


Abb. 7 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C
getesteten Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis
(n = 5)

—— Pferde mit hochgr.chron.Bronchitis $y = 0,42x + 30,1;$
 $r = 0,98; s = \pm 7,5;$
 $HF_{400} = 169;$

---- Normalgerade der Plätze A und C $y = 0,28x + 50,1;$
 $r = 0,96; s = \pm 8,9$
 $HF_{400} = 163$

HERZSCHLÄGFRÉ-
QUENZ/MINUTE

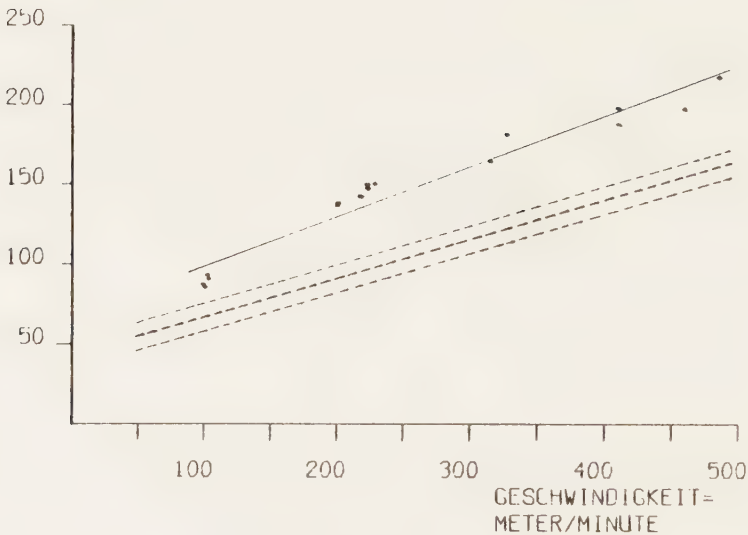


Abb. 8 : Regressionsgerade des auf Platz B getesteten Pferdes mit hochgradiger chronischer Bronchitis ($n = 1$)

— Pferd mit hochgr.chron.Bronchitis $y = 0,31x + 68,0$;
 $r = 0,97$; $s = \pm 10,1$;
 $HF_{400} = 191$;

---- Normalgerade von Platz B $y = 0,22x + 53,7$;
 $r = 0,98$; $s = \pm 8,9$;
 $HF_{400} = 141$

4.2.3. Mittelgradige chronische Bronchitis

Klinische Untersuchung

Die 15 Pferde mit mittelgradiger chronischer Bronchitis zeigten teilweise eine mittelgradige, teilweise eine geringgradige oder keine Ruhedyspnoe. Die Lungengrenzen waren nicht oder nur eine handbreit erweitert. Die Lungengeräusche waren weniger deutlich als bei den oben genannten chronischen Lungenerkrankungen. Ein geringgradiges Cor pulmonale wurde nach der klinischen Untersuchung bei 5 Pferden festgestellt. Pferd 40 wies eine Insuffizienz der Mitralis und Pferd 60 eine Stenose der Aortenklappe auf. (TABELLE 9)

TABELLE 9 : Klinische Befunde der Pferde mit mittelgradiger
chronischer Bronchitis

[illegible]

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Die 15 Pferde mit mittelgradiger chronischer Bronchitis wurden alle auf Platz A und Platz C untersucht. Die Regressionsgeraden und die errechneten signifikanten Unterschiede der Steigung und der Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit 400 m/min (HF_{400}) sind in TABELLE 10 wiedergegeben. Bei 11 Pferden ergaben sich hochsignifikante Unterschiede zur Steigung der Regressionsgeraden und zur HF_{400} der gesunden Pferde. Die Steigung der Regressionsgeraden von Pferd 76 zeigte dagegen keinen signifikanten Unterschied zur Steigung und nur einen geringgradigen zur HF_{400} . Dieser Befund stand deutlich im Gegensatz zu dem klinischen Bild. Die Pferde 78 und 51 waren während des Stufenbelastungstests im Schritt sehr erregt, wodurch es zu einer fälschlichen Erhöhung der Herzschlagfrequenz kam. Dadurch erniedrigte sich die Steigung der Regressionsgeraden und es konnte kein signifikanter Unterschied zur Steigung der Normalgeraden

TABELLE 10 : Stufenbelastungstest bei Pferden mit mittelgradiger chronischer Bronchitis

PFERD Nr.	TESTPLATZ	FUNKTION DER GERADEN $y = bx + a$	HF_{400}	SIGNIFIKANZ ZUR ENTSPRECHENDE NORMALGERADEN der Steigung b HF_{400}	
78	A	$y=0,29x + 58,7$	176	o	+++
58	A	$y=0,36x + 32,0$	177	+++	+++
64	A	$y=0,35x + 11,8$	182	+++	+++
75	A	$y=0,40x + 31,4$	190	+++	+++
80	A	$y=0,36x + 41,6$	184	+++	+++
76	A	$y=0,28x + 56,3$	170	o	+
72	A	$y=0,34x + 47,3$	181	+++	+++
79	A	$y=0,37x + 36,2$	183	+++	+++
69	A	$y=0,34x + 52,0$	187	+++	+++
68	A	$y=0,37x + 31,1$	181	+++	+++
51	A	$y=0,32x + 59,9$	187	+	+++
40	A	$y=0,37x + 30,1$	178	+++	+++
29	C	$y=0,34x + 43,5$	178	+++	+++
60	A	$y=0,32x + 41,4$	169	+++	+
70	A	$y=0,40x + 31,2$	190	+++	+++

festgestellt werden. Dagegen war die HF_{400} der beiden Pferde hochsignifikant unterschiedlich. Bei Pferd 60 wies die Steigung der Regressionsgeraden einen hochsignifikanten Unterschied, die HF_{400} aber nur einen geringgradigen auf. Dieses Pferd war in sehr gutem Trainingszustand, wodurch sich die Höhe der Herzschlagfrequenz erniedrigte.

Die Abb. 9 zeigt die gemeinsame Regressionsgerade der 15 Pferde mit mittelgradiger chronischer Bronchitis im Vergleich zur Normalgeraden der Plätze A und C.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

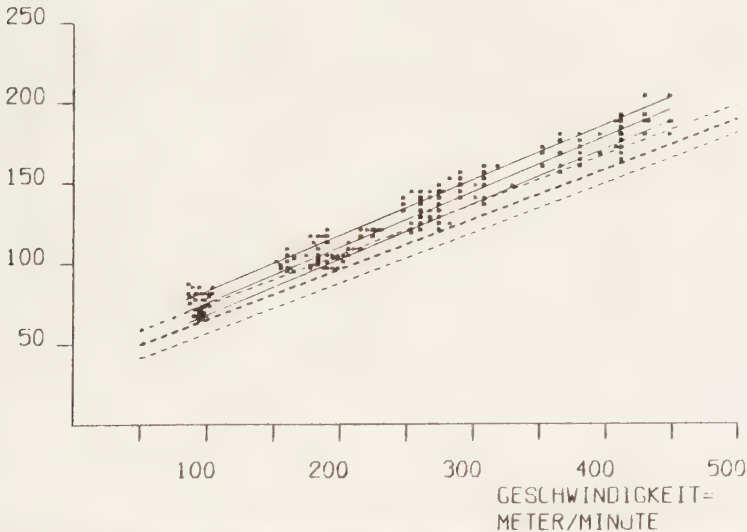


Abb. 9 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C getesteten Pferde mit mittelgradiger chron. Bronchitis ($n = 15$)

— Pferde mit mittelgr. chron. Bronch. $y = 0,35x + 41,0$;
 $r = 0,98$; $s = \pm 7,5$;
 $HF_{400} = 180$;
 ---- Normalgerade der Plätze A und C $y = 0,28x + 50,1$;
 $r = 0,96$; $s = \pm 8,9$;
 $HF_{400} = 163$

4.2.4. Geringgradige chronische Bronchitis

Klinische Untersuchung

Die 4 Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis zeigten außer Husten keine bedeutenden anderen Symptome. Auffällig war nur bei Pferd 47 eine Stenose der Aortenklappe. (TABELLE 11)

TABELLE 11 : Klinische Befunde der Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis

PFERD Nr.	ALTER	GESCHL.	FREQUENZ- ERHÖHUNG		Fieber	Husten	Ruhedyspnoe	LUNGENPERKUSSION		LUNGENAUSKULTATION					2.HERZ ÜBER MITRAL
			Herz	Lunge				überlauter Schall über hand- breit X zwei handbr. XX drei handbr. XXX	Deform- ierung der Lungen- grenzen	Atemgeräusche			Glennen und Rassel- geräusche	herd- förmig knister- kascheln	
										sehr leise	herd- förmig nicht hörbar	ver- schärf- vesi- kulär			
67	7	♂	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X
65	12	♀	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X
47	7	♂	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	Mitr.
9	13	♀	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Die 4 Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis wurden auf Platz A und Platz C getestet. Wie aus TABELLE 12 ersichtlich ist, wiesen das Pferd 67 einen schwach signifikanten und die Pferde 47 und 9 einen hoch signifikanten Unterschied der Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit 400 m/min zu den Normalwerten auf. Die Herzschlagfrequenz bei 400 m/min lag bei diesen Pferden aber tiefer als der Durchschnittswert von den gesunden Pferden; dadurch entstanden diese signifikanten Unterschiede. Die Herzschlagfrequenz

dieser Pferde lag etwa im Bereich der gut trainierten gesunden Pferde. Die Steigung der Regressionsgeraden von Pferd 65 zeigte einen hochsignifikanten Unterschied zu den Normalwerten, sie lag aber noch unter dem Durchschnittswert der Steigungen von den Regressionsgeraden der Pferde mit mittelgradiger chronischer Bronchitis.

TABELLE 12 : Stufenbelastungstest bei Pferden mit geringgradiger chronischer Bronchitis

PFERD Nr.	TESTPLATZ	FUNKTION DER GERADEN $y = bx + a$	HF ₄₀₀	SIGNIFIKANZ ZUR ENTSPRECHENDEN NORMALGERADEN der Steigung b	
					HF ₄₀₀
67	A	$y = 0,30x + 37,2$	158	o	+
65	A	$y = 0,31x + 42,2$	167	+++	o
47	A	$y = 0,28x + 38,8$	150	o	+++
9	C	$y = 0,26x + 40,2$	146	o	+++

In Abb. 10 ist die gemeinsame Regressionsgerade der Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis im Vergleich mit der Normalgeraden von den Plätzen A und C dargestellt. Diese gemeinsame Regressionsgerade zeigt im Gegensatz zu den einzelnen Geraden aber keinen signifikanten Unterschied zur Normalgeraden dieser Plätze.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

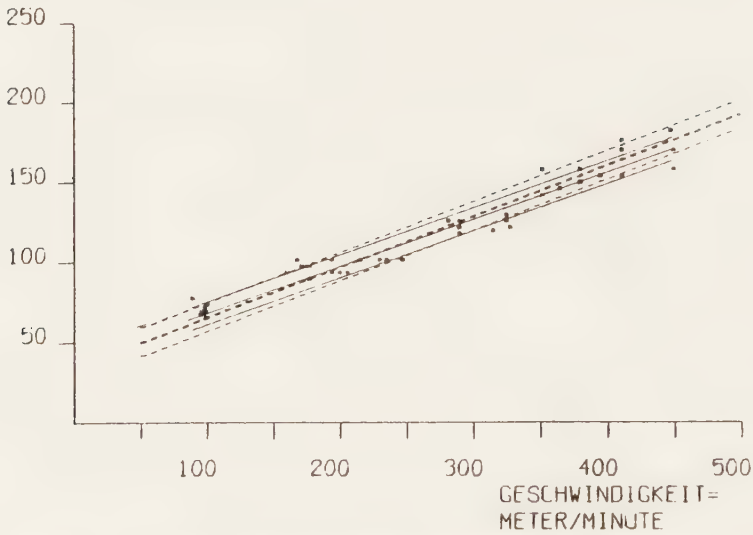


Abb. 10 : Gemeinsame Regressionsgerade der auf den Plätzen A und C
getesteten Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis
(n = 4)

— Pferde mit geringgr.chron.Bronch. $y = 0,29x + 39,2;$
 $r = 0,98;$ $s = \pm 7,2;$
 $HF_{400} = 155;$

---- Normalgerade der Plätze A und C $y = 0,28x + 50,1;$
 $r = 0,96;$ $s = \pm 8,9;$
 $HF_{400} = 163$

4.2.5. Vergleich der Belastungswerte bei verschiedenen Schweregraden chronischer Lungenerkrankungen

In Abb. 11 sind die gemeinsamen Regressionsgeraden, wie sie aus den 4 Gruppen von Pferden mit chronischer Lungenerkrankung errechnet wurden, im Vergleich zu der Gruppe von gesunden Pferden der Plätze A und C dargestellt.

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

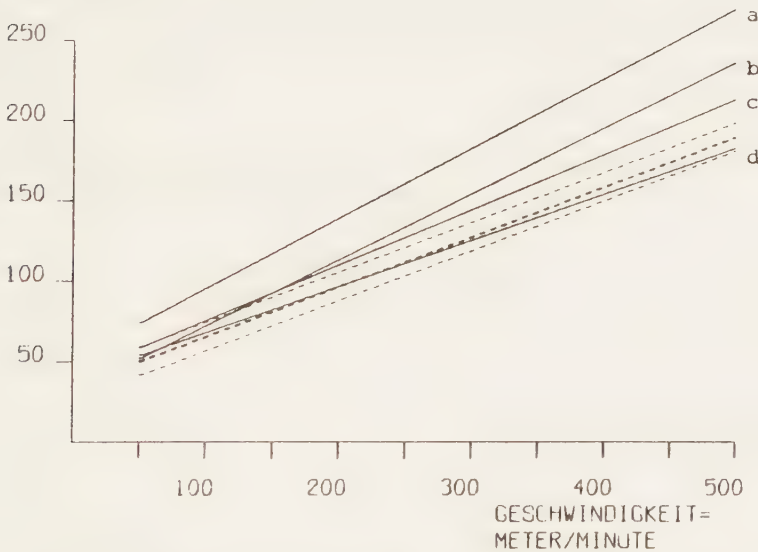


Abb. 11 : Regressionsgeraden der auf den Plätzen A und C getesteten Pferde mit chronischer Lungenerkrankung

— (a) Pferde mit hochgr.chron.Emphysem	$y = 0,44x + 51,6$
— (b) Pferde mit hochgr.chron.Bronchitis	$y = 0,42x + 30,8$
— (c) Pferde mit mittelgr.chron.Bronchitis	$y = 0,35x + 41,0$
— (d) Pferde mit geringgr.chron.Bronchitis	$y = 0,29x + 39,2$
---- Normalgerade der Plätze A und C	$y = 0,28x + 50,1$

Eine genauere statistische Aussage ergibt sich aus der TABELLE 13. Daraus ist zu ersehen in wie weit sich die Regressionsgeraden und die HF₄₀₀ der einzelnen Gruppen untereinander unterscheiden. Die Steigungen der gemeinsamen Regressionsgeraden zeigen hochsignifikante Unterschiede, mit Ausnahme der Steigungen der Regressionsgeraden der Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem und mit hochgradiger chronischer Bronchitis und der Steigungen der Regressionsgeraden der Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis und der gesunden Pferde. Die Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit 400 m/min unterscheiden sich bei den 4 Gruppen von lungenkranken Pferden hochsignifikant untereinander, sie zeigt aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den gesunden Pferden und den Pferden mit geringgradiger chronischer Bronchitis.

TABELLE 13 : Vergleichende Untersuchung der Regressionsgeraden der 4 Gruppen von lungenkranken Pferden und gesunder Pferde

<u>SIGNIFIKANZ</u> <u>der Steigung</u>	Hochgr. chron. Emphysem	Hochgr. chron. Bronch.	Mittelgr. chron. Bronch.	Geringgr. chron. Bronch.
Hochgr.chron.Emphysem	-			
Hochgr.chron.Bronchitis	o	-		
Mittelgr.chron.Bronchitis	+++	+++	-	
Geringgr.chron.Bronchitis	+++	+++	+++	-
Gesunde Pferde	+++	+++	+++	o
<u>SIGNIFIKANZ</u> <u>der HF₄₀₀</u>				
Hochgr.chron.Emphysem	-			
Hochgr.chron.Bronchitis	+++	-		
Mittelgr.chron.Bronchitis	+++	+++	-	
Geringgr.chron.Bronchitis	+++	+++	+++	-
Gesunde Pferde	+++	+++	+++	o

Zwischen der HF_{400} und der Steigung der Regressionsgeraden wurde bei den Pferden mit chronischen Lungenerkrankungen ein enger Zusammenhang festgestellt. Dieser Zusammenhang ist dadurch zu erklären, daß die erhöhte Herzschlagfrequenz bei Pferden mit Lungenerkrankung durch eine vermehrte Steigung der Geraden bedingt ist (Abb. 12).

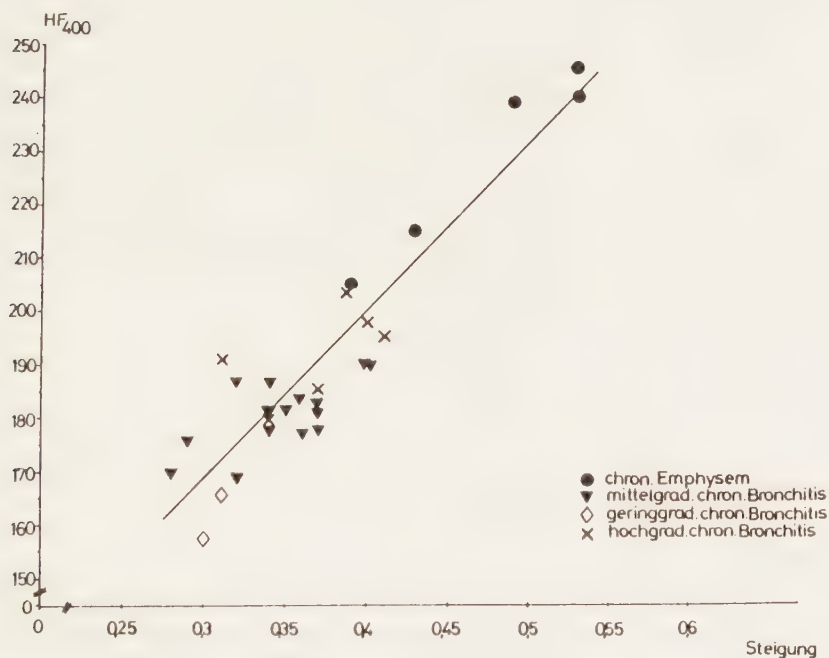


Abb. 12 : Beziehung zwischen der Steigung der Regressionsgeraden, die sich aus Belastungsherzschlagfrequenz und Laufgeschwindigkeit ergibt, und der Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit von 400 m/min.

4.2.6. Erholungswerte von Pferden mit chronischer Lungenerkrankung

Wenn die Erholungswerte ein Maß für den Grad der Erkrankung wären, müßten Puls und Atmung nach einer Belastung von etwa 20 Minuten Longieren im Trab nach 20 Minuten Erholungszeit bei Pferden mit hochgradigem chronischem Emphysem wesentlich mehr erhöht sein als bei Pferden mit mittelgradiger chronischer Bronchitis. Dies ist, wie aus Abb. 13 hervorgeht, nicht der Fall. In allen Stadien der chronischen Lungenerkrankung sowie bei den gesunden Pferden ¹⁾, war die Puls- und Atemfrequenz mehr oder weniger gleich erhöht. Auch Vergleiche mit dem Stufenbelastungstest wiesen keine Beziehung zwischen den Erholungswerten und der Regressionsgeraden auf.

Der genaue Belastungsgrad während des Longierens war durch die deutlichen Temperamentsunterschiede der Pferde und die verschiedenen Bodentiefen sehr schwer zu normen.

¹⁾ Die gesunden Pferde 92 - 96 wurden keinem Stufenbelastungstest unterzogen. Die Erholungswerte dieser Pferde wurden im Rahmen einer Allgemeinuntersuchung ausgewertet. Alle 5 Pferde wiesen keine besonderen klinischen Symptome auf und waren während ihrer täglichen Arbeit nicht leistungsgemindert.

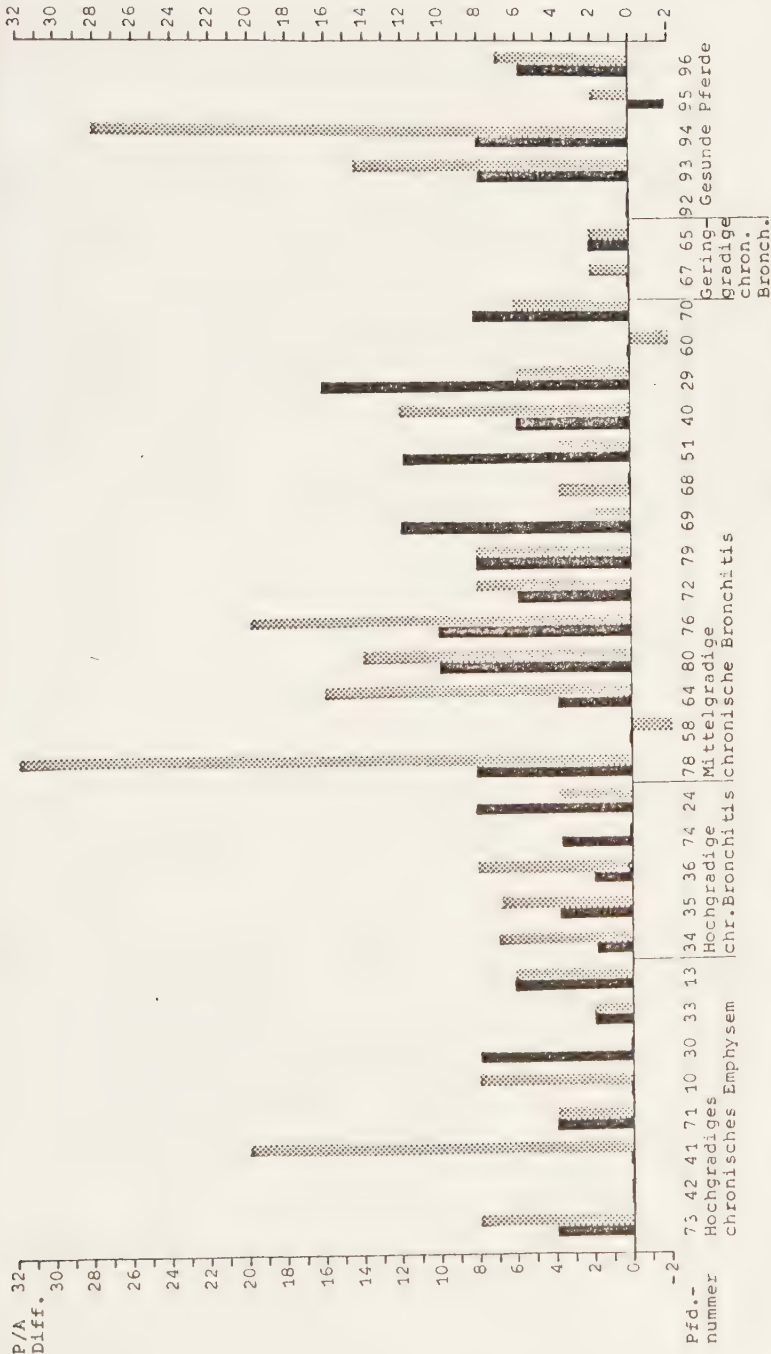


Abb. 13 : Erholungswerte im Vergleich zum Schweregrad der chronischen Lungenerkrankung
 P/A Diff.: Puls- und Atemdifferenz zwischen Ruhewert und dem Erholungswert nach
 20 Minuten Belastung

4.3. Befunde der Pferde mit chronischer Herzerkrankung

4.3.1. Herzklappenfehler

Klinische Untersuchung und Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Von den 3 Pferden, welche nur an einem Herzklappenfehler erkrankt waren und sonst keine pathologischen Symptome zeigten, wiesen 2 Pferde eine Aortenstenose und 1 Pferd eine Mitralisinsuffizienz auf (TABELLE 14). Alle 3 Pferde zeigten keine subjektive Leistungsminderung während der täglichen Arbeit.

Die Belastungsuntersuchungen dieser 3 Pferde ergaben keine signifikanten Unterschiede zu den gesunden Pferden.

4.3.2. Vorhofflimmern

Klinische Untersuchung

Bei den 2 Pferden mit Vorhofflimmern war die subjektive Leistungsfähigkeit herabgesetzt (TABELLE 14)

TABELLE 14: Klinische Befunde der Pferde mit chronischer Herzerkrankung

PFERD Nr.	ALTER	GESCHL.	KLINISCHE DIAGNOSE	SUBJEKTIVE LEISTUNGSFÄHIGKEIT
19	6	♂	Aortenstenose	nicht vermindert
32	8	♂	Mitralisinsuffizienz	nicht vermindert
52	8	♂	Aortenstenose	nicht vermindert
89	4	♂	Vorhofflimmern	vermindert
91	14	♂	Vorhofflimmern	vermindert

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Die Regressionsgerade aus Herzschlagfrequenz und Laufgeschwindigkeit ergab bei diesen 2 Pferden im Gegensatz zu den Pferden mit Herzklappenfehlern hochsignifikante Unterschiede zu der Regressionsgeraden der gesunden Pferde. Das Pferd 91 mit Vorhofflimmern wurde auf Platz C getestet und mit den gesunden Pferden von den Plätzen A und C verglichen (Abb. 14). Das Pferd 89 mit Vorhofflimmern wurde auf Platz D, einer Halle mit Loheboden und 100 m Umfang untersucht. Die Meßwerte werden nur graphisch mit den Normalwerten eines ähnlich großen Platzes verglichen (Abb. 15).

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

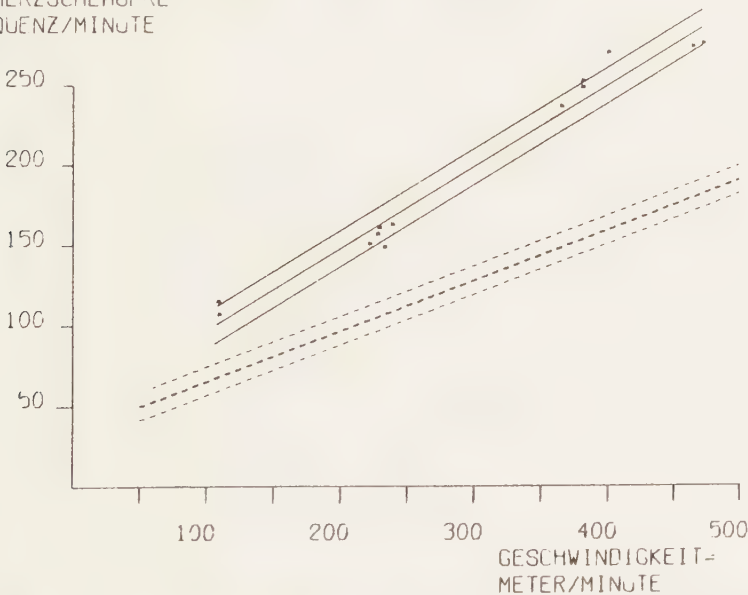


Abb. 14 : Regressionsgerade des Pferdes 91 mit Vorhofflimmern, getestet auf Platz C

— Pferd mit Vorhofflimmern

$$y = 0,51x + 46,3;$$

$$r = 0,99; \quad s = \pm 11,4;$$

$$HF_{400} = 250$$

---- Normalwerte der Plätze A und C

$$y = 0,28x + 50,1;$$

$$r = 0,96; \quad s = \pm 8,9;$$

$$HF_{400} = 163$$

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

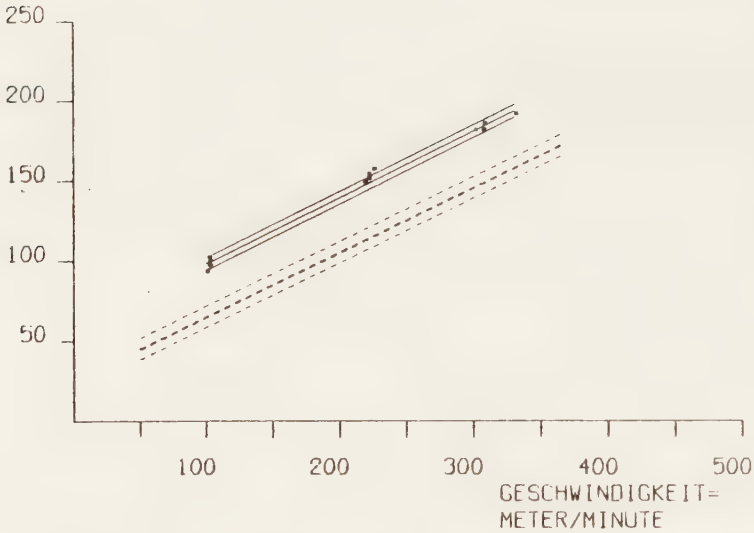


Abb. 15 : Regressionsgerade des Pferdes 89 mit Vorhofflimmern, getestet auf Platz D

— Pferd mit Vorhofflimmern

$$y = 0,41x + 57,0;$$

$$r = 0,99; \quad s = \pm 4,0$$

$$HF_{400} = 222;$$

---- Normalgerade einer Halle mit
etwa 100 m Umfang

$$y = 0,36x + 45,1;$$

$$r = 0,97;$$

$$HF_{400} = 189$$

4.3.3. Tachyarrhythmie bei Belastung

In Ruhe hatten die beiden Pferde mit Vorhofflimmern eine stark ausgeprägte Arrhythmie (Abb. 16).

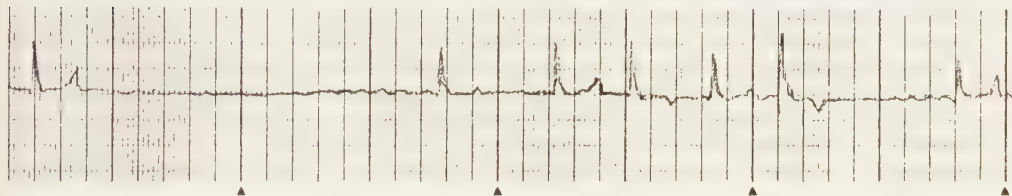


Abb. 16 : Ruheelektrokardiogramm des Pferdes 91 mit Vorhofflimmern

Um zu untersuchen, in wie weit bei Belastung noch eine Tachyarrhythmie bestand, wurde das Belastungselektrokardiogramm der beiden Pferde mit Vorhofflimmern sowie eines gesunden vierjährigen Hengstes mit einer Papiergeschwindigkeit von 50 mm/sec ausgeschrieben und der zeitliche Abstand der R - Zacken ausgemessen. Aus der Zeitdifferenz der Herzschläge wurde für die verschiedenen Laufgeschwindigkeiten der Mittelwert mit Standardabweichung errechnet. Am deutlichsten ist die Unregelmäßigkeit der Herzschlagfrequenz dabei aus der Standardabweichung der Mittelwerte in Prozent, der sogenannten Variation¹⁾ zu ersehen (TABELLE 15). Bei einem gesunden Pferd beträgt die Variation 4,7% bis 5,5 % vom Mittelwert, bei Vorhofflimmern werden während der Belastung Variationen von 12,1% bis 25,2% vom Mittelwert gefunden.

1) Variation = Standardabweichung des Mittelwertes in Prozent.

TABELLE 15 : Durchschnittliche Zeitdifferenz zwischen zwei Herzschlägen

	PFERD x gesund			PFERD 89 Vorhofflimmern			PFERD 91 Vorhofflimmern		
	Mittelwert sec	Standardabw.	Varian- tion %	Mittelwert sec	Standardabw.	Varian- tion %	Mittelwert sec	Standardabw.	Varian- tion %
RUHE	-	-	-	0,99	0,34	34,8	1,12	0,76	67,0
SCHRITT	0,69	0,03	4,7	0,67	0,17	25,2	0,51	0,10	20,0
TRAB	0,48	0,03	5,5	0,39	0,05	12,1	0,38	0,07	18,0
GALOPP	0,36	0,02	4,7	0,32	0,04	12,9	0,22	0,03	12,8
HALTEN	-	-	-	0,83	0,24	29,4	0,55	0,16	29,1

Zur Veranschaulichung der Arrhythmie wurde die ermittelte Zeitdifferenz zwischen 2 Herzschlägen in chronologischer Folge für das gesamte Belastungselektrokardiogramm aufgetragen.

Die Abb. 17 zeigt das sogenannte Tachokardiogramm des gesunden vierjährigen Hengstes, die Abb. 18 und 19 im Vergleich dazu die Tachokardiogramme der Pferde mit Vorhofflimmern. Während bei dem gesunden Pferd die zeitliche Folge der Herzschläge in allen Gangarten nur ganz geringgradig schwankt, schwankt die Zeitdifferenz zwischen 2 Herzschlägen bei den beiden Pferden mit Vorhofflimmern im Schritt noch sehr stark, im Trab und im Galopp wird die Arrhythmie dann geringer; sie ist im Vergleich zu dem gesunden Pferd jedoch noch deutlich zu erkennen. Unmittelbar nach dem Belastungstest nimmt die Arrhythmie mit Absinken der Herzschlagfrequenz sehr rasch wieder zu.

Zeitdifferenz zwischen
zwei Herzschlägen in
Sekunden

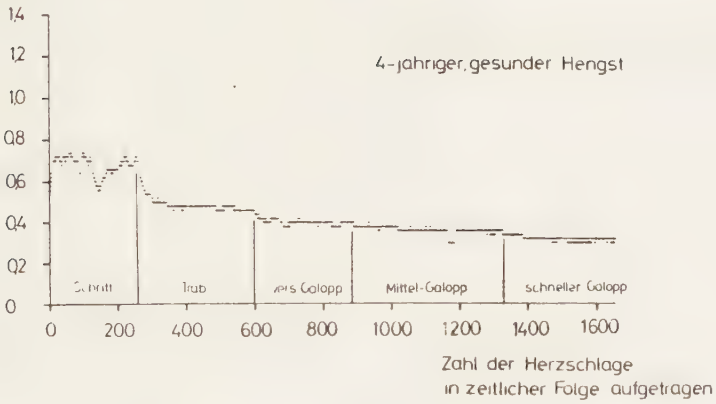


Abb. 17 : Tachokardiogramm eines gesunden Pferdes

Zeitdifferenz zwischen
zwei Herzschlägen in
Sekunden

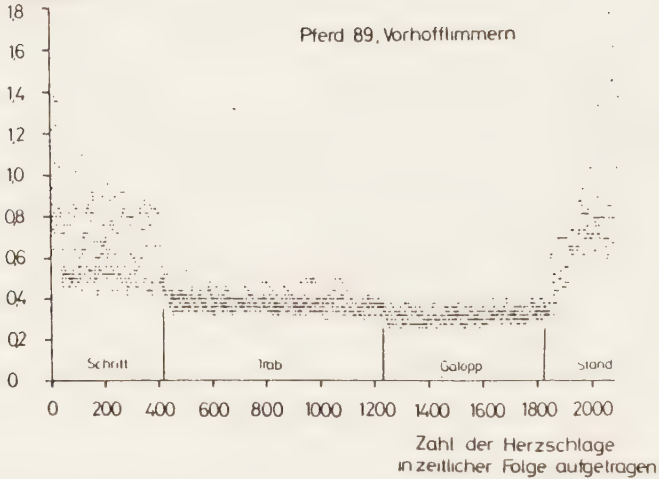


Abb. 18 : Tachokardiogramm des Pferdes 89 mit Vorhofflimmern

Zeitdifferenz zwischen
zwei Herzschlägen in
Sekunden

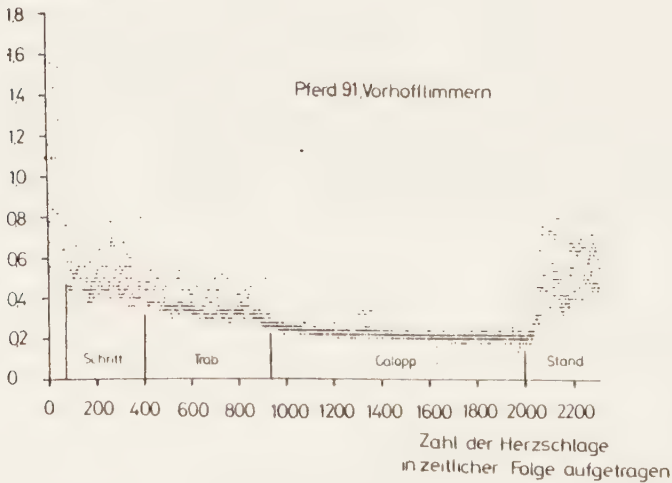


Abb. 19 : Tachokardiogramm des Pferdes 91 mit Vorhofflimmern

4.4 Pferde mit Kehlkopf Pfeifen

Klinische Untersuchung

Die 4 Pferde mit Kehlkopf Pfeifen zeigten bei der klinischen Untersuchung eine deutliche Hemiplegia sinistra. (TABELLE 16)

TABELLE 16 : Klinische Befunde der Pferde mit Kehlkopf Pfeifen

PFERD	ALTER	GESCHL.	KLINISCHE DIAGNOSE
14	8	♂	Hemiplegia sinistra (deutliche)
38	8	♂	Hemiplegia sinistra (deutliche)
39	4	♂	Hemiplegia sinistra (deutliche) und Aorten-
90	4	♂	Hemiplegia sinistra (deutliche) stenose

Herzschlagfrequenz während der Stufenbelastung

Drei der Pferde mit deutlicher Hemiplegia sinistra wurden auf den Plätzen A und C und 1 Pferd auf Platz B getestet. Die Pferde 38, 39 und 14 zeigten, wie aus der TABELLE 17 ersichtlich wird, signifikante Unterschiede in der Steigung der Regressionsgeraden und hochsignifikante Unterschiede in der Herzschlagfrequenz bei der Laufgeschwindigkeit 400 m/min im Vergleich zu den Werten der gesunden Pferde

TABELLE 17 : Stufenbelastungstest bei Pferden mit Kehlkopf Pfeifen

PFERD Nr.	TESTPLATZ	FUNKTION DER GERADEN $y = bx + a$	HF ₄₀₀	SIGNIFIKANZ ZUR ENTSPRECHENDEN NORMALGERADEN	
				der Steigung b	HF ₄₀₀
38	A	$y = 0,32x + 48,0$	174	++	+++
39	A	$y = 0,33x + 46,2$	177	++	+++
14	B	$y = 0,26x + 59,3$	165	++	+++

Die Regressionsgeraden der auf den Plätzen A und B getesteten Pferde mit einer deutlichen Hemiplegia sinistra sind in den Abb. 20 und 21 wiedergegeben. In Abb. 22 ist die Regressionsgerade des Pferdes 90 dargestellt. Dieses Pferd wies im Gegensatz zu allen übrigen Pferden keinen linearen Herzschlagfrequenzanstieg auf. In den niedriger Gangarten zeigte es keine Veränderung zu den gesunden Pferden, erst bei sehr hoher Geschwindigkeit (etwa 480 m/min) wurde ein deutlicher Anstieg der Herzschlagfrequenz sichtbar. Von diesem Pferd ist keine Regressionsgerade errechnet worden.

HERZSCHLÄGFRE- QUENZ/MINUTE

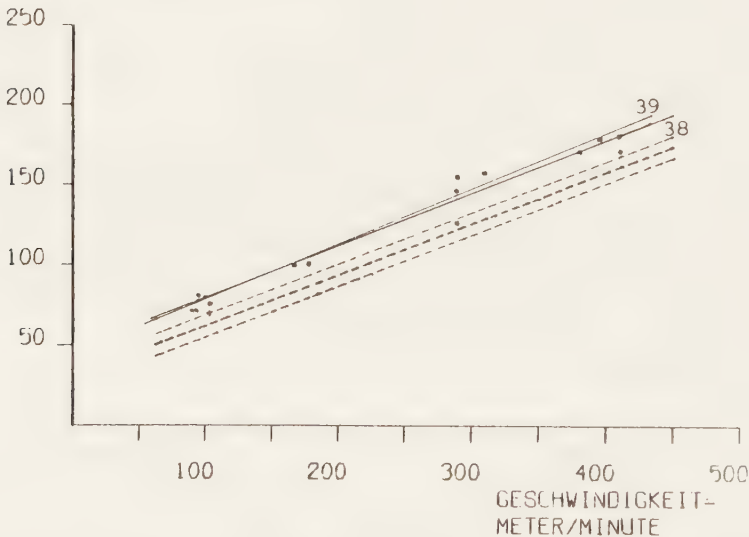


Abb. 20 : Regressionsgeraden der auf Platz A getesteten Pferde mit deutlicher Hemiplegia sinistra

— Pferd 38 mit Hemip.sin.

$$y = 0,32x + 48,0;$$

$$r = 1,00; \quad s = \pm 4,2$$

$$HF_{400} = 174;$$

— Pferd 39 mit Hemip.sin.

$$y = 0,33x + 46,2;$$

$$r = 0,98; \quad s = \pm 7,5;$$

$$HF_{400} = 177;$$

---- Normalgerade der Plätze A und C

$$y = 0,28x + 50,1;$$

$$r = 0,96; \quad s = \pm 8,9;$$

$$HF_{400} = 163$$

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

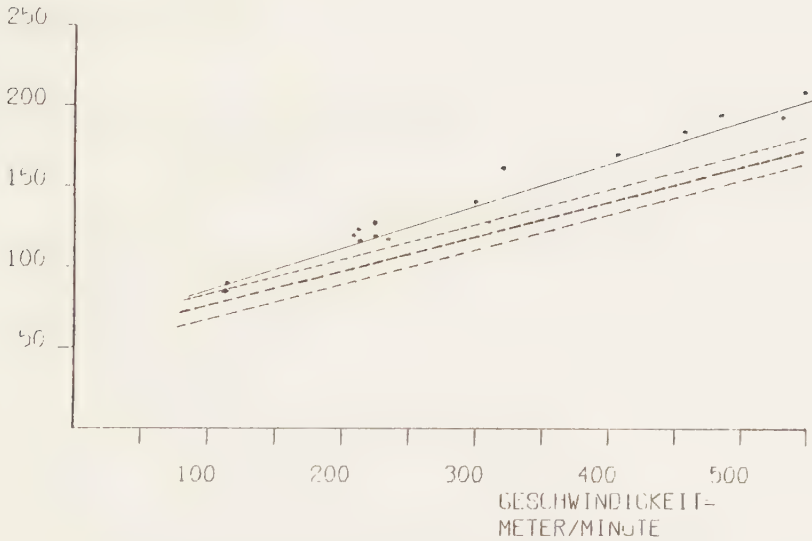


Abb. 21 : Regressionsgerade des auf Platz B getesteten Pferdes mit deutlicher Hemiplegia sinistra

— Pferd 14 mit Hemiplegia sinistra	$y = 0,26x + 59,3;$
	$r = 0,97;$
	$s = \pm 10,6$
	$HF_{400} = 165;$
---- Normalgerade von Platz B	$y = 0,22x + 53,7;$
	$r = 0,98;$
	$s = \pm 8,9;$
	$HF_{400} = 141$

HERZSCHLAGFRE-
QUENZ/MINUTE

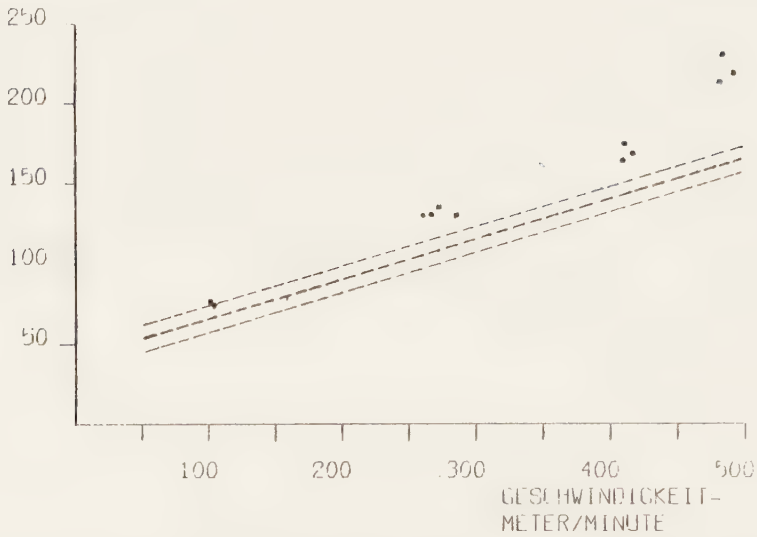


Abb. 22 : Belastungsherzschlagfrequenz des auf Platz C getesteten Pferdes 90 mit deutlicher Hemiplegia sinistra

---- Normalgerade der Plätze A und C

$$y = 0,28x + 50,1;$$

$$r = 0,96;$$

$$s = \pm 8,9$$

DISKUSSION

1. METHODISCHES

1.1. Vergleich zwischen Stufenbelastungstest und Untersuchungen auf der Tretmühle

Bei Belastungstests kann die Leistung kontinuierlich gesteigert werden, wie es bei der Bestimmung des Leistungs - Puls - Index nach MÜLLER (1950), bei welchem die Steilheit des Pulsfrequenzanstiegs beurteilt wird, der Fall ist. Die Leistung kann aber auch stufenweise erhöht werden und die Leistungsfähigkeit wird dann nach derjenigen Leistung, die bei einer bestimmten Herzschlagfrequenz erreicht wird, gemessen. Durch diese Art von Belastungstest wird die " physical work capacity " nach WAHLUND (1948) bestimmt.

Die Untersuchungen auf der Tretmühle entsprechen in etwa dieser " physical work capacity ". PERSSON (1968) setzte als Maß für die Leistungsfähigkeit die sogenannte V_{150} , das heißt die Laufgeschwindigkeit bei einer Herzschlagfrequenz von 150 Schlägen pro Minute. Beim Stufenbelastungstest nach EHRLEIN et al (1970) wird die Leistung stufenweise erhöht. Die Leistungsfähigkeit kann hier sowohl nach der Steilheit des Herzschlagfrequenzanstiegs als auch nach der Höhe der Herzschlagfrequenz bei einer bestimmten Laufgeschwindigkeit beurteilt werden.

Um die Funktionsfähigkeit des kardio - pulmonalen Systems genau zu untersuchen, eignen sich so am besten zeitlich begrenzte, stufenförmige Belastungstests, bei welchen große Muskelgruppen beansprucht werden (TRAUTWEIN et al., 1972). Besonders wichtig ist bei diesen Tests dann die genaue Meß-, Dosier- und Reproduzierbarkeit (SIEGENTHALER, 1972).

Diesem Anspruch auf die genaue Meß-, Dosier- und Reproduzierbarkeit werden die Untersuchungen der Pferde auf der Tretmühle, wie sie von PERSSON (1968), SASSE (1971) und BERGSTEN (1974) durchgeführt wurden, noch mehr gerecht als der Stufenbelastungstest von EHRLEIN et al. (1970). Die Tretmühlen können in einem Raum aufgestellt werden, wodurch äußere Einflüsse, wie sehr extreme Klimabedingungen, Bodenveränderungen und Störungen aus der Umgebung keine Bedeutung erhalten. Der Stufenbelastungstest ist dagegen nur auf Reitplätzen oder in größeren Reithallen durchführbar, wo diese Faktoren einkalkuliert werden müssen. Der bedeutende Vorteil aber des Stufenbelastungstests gegenüber den Tretmühlenuntersuchungen ist, daß die Laufgeschwindigkeit nicht begrenzt ist und somit geringgradige Funktionsstörungen, welche erst bei einem sehr hohen Belastungsgrad zum Tragen kommen, deutlich werden. Außerdem stehen nur wenige Tretmühlen für Pferde zur Verfügung, wogegen geeignete Reitplätze leichter zu finden sind und dadurch der Stufenbelastungstest eher unter Praxisbedingungen durchführbar ist.

Beim Stufenbelastungstest wird nur die Belastungsherzschlagfrequenz ausgewertet im Gegensatz zu den Untersuchungen auf der Tretmühle, wo wesentlich mehr Meßgrößen erfaßt werden können. Je mehr solche Meßgrößen aufgenommen werden, desto besser wird die Aussage über die Funktionseinschränkung. Doch gibt die Belastungsherzschlagfrequenz bereits eine grobe Orientierung zur Objektivierung des Krankheitsgrades des kardio - pulmonalen Systems. In der Veterinärmedizin muß aber im allgemeinen angestrebt werden, einfache und nicht an teure Apparaturen gebundene Untersuchungsmethoden zu entwickeln. So bietet sich der Stufenbelastungstest, trotz der nicht ganz umfassenden Information über den Grad der Funktionseinschränkung an, um die Untersuchung des kardio - pulmonalen Systems zu objektivieren.

1.2 Art und Größe des Platzes

Da der Herzschlagfrequenzanstieg unter Belastung auf verschiedenen Reitplätzen sehr unterschiedlich ist, muß auf jedem Platz eine Gruppe gesunder Pferde getestet werden, um die entsprechenden Normalwerte zu finden. Plätze mit tieferem Boden und engeren Kurven verzeichnen dabei einen stärkeren Herzschlagfrequenzanstieg als weniger tiefe und größere Plätze. Dies ging aus den Untersuchungen von EHRLEIN (1970) wie aus den vorliegenden Befunden hervor.

Als Anhaltspunkt für Normalwerte auf verschiedenen großen Plätzen sind in TABELLE 18 die bisher ermittelten Untersuchungsergebnisse zusammengestellt.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, entspricht ein Testplatz in einer großen Halle (164 m, Loheboden) annähernd einem Reitplatz mit mitteltiefem Sandboden und 230 m Umfang. Der kleinere Platz mit dem leichteren Boden ergibt den gleichen Belastungsgrad wie der größere Platz mit dem schweren Boden.

TABELLE 18 : Regressionsgeraden der bisher untersuchten Plätze

BODENART	UMFANG	FUNKTION DER GERADEN
Loheboden	88 m	$y=0,36x + 45,1$ (EHRLEIN)
Loheboden	164 m	$y=0,28x + 49,1$ (vorl.Ergebnisse)
fester Sandboden	183 m	$y=0,33x + 41,7$ (EHRLEIN)
mitteltiefer Sandboden	230 m	$y=0,28x + 51,1$ (vorl.Ergebnisse)
mitteltiefer Sandboden	532 m	$y=0,22x + 53,7$ (")
tiefer Sandboden	250 m	$y=0,41x + 42,9$ (EHRLEIN)
Grasboden	280 m	$y=0,27x + 36,9$ (")
Grasboden	486 m	$y=0,23x + 42,0$ (")
Grasboden	2 000 m	$y=0,22x + 64,1$ (")

Um aussagekräftige Werte, vorallem bei gering- bis mittelgradigen Funktionsstörungen vom kardio - pulmonalen System zu erhalten, sollte der Platz wenigstens so groß sein, daß eine Geschwindigkeit geritten werden kann, bei welcher die Herzschlagfrequenz mindestens 170 Schläge pro Minute beim gesunden Pferd erreicht. Das ist wichtig, weil die Reproduzierbarkeit des Anstiegs der Herzschlagfrequenz bei höherer Geschwindigkeit besser ist (EHRLEIN, 1970) und geringgradige Funktionsstörungen erst bei größerer Belastung deutlich werden.

Auf dem Platz mit 164 m Umfang und Loheboden sowie dem Platz mit 230 m Umfang und mitteltiefem Sandboden wurde diese Herzschlagfrequenz bei der Geschwindigkeit von etwa 410 m/min erreicht. Diese Laufgeschwindigkeit war auf ersterem Platz fast die Höchstgeschwindigkeit, die möglich war, da die engeren Kurven, besonders für etwas schwerfällige Pferde schwierig in einem schnelleren und gleichmäßigen Tempo zu durchreiten waren. Auf dem Platz mit Umfang 532 m und mitteltiefem Sandboden mußte eine Geschwindigkeit von etwa 500 m/min geritten werden, um 170 Herzschläge pro Minute zu erhalten. Das bereitete hier keine Schwierigkeiten, weil auf diesem Platz noch wesentlich schneller geritten werden konnte.

Der Platz mit dem Umfang von 88 m und Loheboden ist für die Durchführung des Stufenbelastungstests nicht geeignet, da er zu klein ist, ein ausreichend schnelles Tempo reiten zu können. Zur Untersuchung von Pferden mit geringgradigen Funktionsstörungen wäre eine 2 000 m lange Grasbahn oder eine große Sandbahn von ca 500 m Länge am besten geeignet.

1.3. Einfluß der Witterung

Um bei dem Stufenbelastungstest extreme Witterungsbedingungen zu vermeiden, wurden die Pferde bei sehr heißem und schwülen Wetter früh morgens oder abends untersucht. Den geringen Klimaunterschieden

wurde auf Grund von entsprechenden Untersuchungen an Pferden keine Bedeutung zu gemessen. PERSSON (1968) und EHRLEIN (1970) stellten fest, daß Temperaturen zwischen 10°C und 22°C , beziehungsweise 16°C und 30°C , und relative Luftfeuchtigkeitsgrade zwischen 32 % und 72 %, beziehungsweise 39 % und 69 %, keinen auffälligen Einfluß auf die Belastungsherzschlagfrequenz haben.

Da der Sandboden der Reitplätze durch Regen sehr tief und schwer wird, sind die Bedingungen für einen Stufenbelastungstest bei nassem und trockenem Boden nicht gleich. Daher können Belastungstests im Freien nur bei trockenem Wetter durchgeführt werden. Die in München Riem zur Verfügung stehende große Reithalle hat demgegenüber den Vorteil, daß der Test bei jedem Wetter, auch im Winter, möglich ist. Eine so große Halle findet sich jedoch nur selten, so daß man in der Regel auf Reitplätze im Freien angewiesen ist.

1.4. Einfluß von Erregbarkeit und Training

Die leichte Erregbarkeit der Pferde führt bei Störungen aus der Umgebung zu einem raschen und deutlichen Herzschlagfrequenzanstieg (WITHERINGTON, 1971), welcher aber im Gegensatz zu dem durch die Belastung hervorgerufenen Anstieg sehr schnell wieder abfällt, wenn sich das Pferd wieder beruhigt (DAMMER, 1956; HOLMES, 1968). Am meisten machen sich Unruheerscheinungen im Schritt bemerkbar; bereits geringgradige Erhöhungen der Herzschlagfrequenz im Schritt können die Steigung der Regressionsgeraden, die sich aus Laufgeschwindigkeit und Herzschlagfrequenz ergibt, verfälschen. Deshalb wurden bei der Auswertung des Stufenbelastungstests kurzzeitige Frequenzerhöhungen, die eindeutig auf psychische Erregung zurückzuführen waren, nicht mit ausgewertet.

Durch Training ist mit einer Erniedrigung der Herzschlagfrequenz

während der Belastung zu rechnen. Das geht sowohl aus Untersuchungen am Menschen (STEGEMANN, 1971; MELLEROWICZ, 1975), wie aus Untersuchungen am Pferd hervor (EHRLEIN, 1970). Dabei verändert sich weniger die Steigung der Regressionsgeraden (= Zunahme der Herzschlagfrequenz), als der Abstand der Regressionsgeraden (= Höhe der Herzschlagfrequenz).

Der Stufenbelastungstest der untrainierten Stuten in Marbach zeigte das selbe Ergebniss. Ihre Belastungsherzschlagfrequenz lag etwa 7 Herzschläge über der Belastungsherzschlagfrequenz der trainierten Hengste und damit im Streubereich derer Regressionsgeraden.

Man kann daraus schließen, daß der besonders schlechte Trainingszustand, wie er bei kranken Pferden zu erwarten ist, nicht die Steigung der Regressionsgeraden, sondern nur den Abstand der Regressionsgeraden beeinflußt. Daher empfiehlt es sich bei der Auswertung des Stufenbelastungstests von kranken Pferden besondere Beachtung der Veränderung der Steigung der Regressionsgeraden (also der Steilheit des Herzschlagfrequenzanstiegs) zu geben. Diese ist nicht wie die Herzschlagfrequenz bei einer bestimmten Geschwindigkeit, wie z.B. die HF₄₀₀, durch unterschiedliches Training beeinflussbar. Nur wenn Pferde durch psychische Erregung in den niedrigeren Gangarten die Steigung der Regressionsgeraden verfälschen, muß mehr Gewicht auf die HF₄₀₀ gelegt werden.

1.5. Verlässlichkeit des Stufenbelastungstests

Als Maß für die Verlässlichkeit des Testergebnisses kann die Streuung der Regressionsgeraden herangezogen werden. Eine niedrige Streuung erhält man, wenn das Pferd gleichmäßig ruhig geritten wird, eine hohe Streuung entsteht dagegen durch Erregung der Tiere, durch plötzliches Verlangsamen der Laufgeschwindigkeit und durch andere Fehler bei der Testdurchführung.

2. STUFENBELASTUNGSTEST BEI ERKRANKTEN PFERDEN

2.1. Pferde mit chronischer Lungenerkrankung

2.1.1. Zusammenhang zwischen klinischer Untersuchung und Belastungstest

Zwischen dem klinischen Befund und dem Stufenbelastungstest zeigte sich in der vorliegenden Arbeit eine auffallende Übereinstimmung. Je schwerer ein Pferd erkrankt war, umso höher war die Belastungsherzschlagfrequenz im Vergleich zur Normalgeraden gesunder Pferde. Ein signifikanter Unterschied wurde bereits bei Pferden mit einer mittelgradigen chronischen Bronchitis deutlich. Bei der geringgradigen chronischen Bronchitis konnte keine Veränderung zu den gesunden Pferden in der Belastung festgestellt werden. Hier wäre eine große Rennbahn nötig, wo diese Pferde extrem belastet werden könnten, um eventuelle Herzschlagfrequenzerhöhungen deutlich werden zu lassen. Solche Belastungen sind aber bei den kranken Pferden kontraindiziert, weil dadurch noch größere gesundheitliche Schäden entstehen können.

Bei den Pferden 73, 78, 75, 76 und 70 stimmten die klinischen Befunde nicht mit der erwarteten Belastungsherzschlagfrequenz überein.

Die Steigung der Regressionsgeraden bei Pferd 73 (klinischer Befund = chronisches Emphysem) war deutlich flacher als bei den übrigen emphysemkranken Pferden. Dieses Pferd war im Schritt und im Trab sehr aufgeregt, wodurch sich die Herzschlagfrequenz stark erhöhte. Im Galopp erreichte sie dann die bei diesem klinischen Befund zu erwartende Frequenz.

Die Pferde 78 und 76 (klinischer Befund = mittelgradige chronische Bronchitis) zeigten im Gegensatz zu den klinischen Symptomen fast Normalwerte beim Stufenbelastungstest. Bei den

Pferden 75 und 70 (klinischer Befund = mittelgradige chronische Bronchitis) lag die Herzschlagfrequenz dagegen wesentlich höher, als die klinische Untersuchung vermuten ließ. Diese Ergebnisse beruhen wahrscheinlich auf der schwer objektivierbaren klinischen Befunderhebung. Besonders deutlich zeigte sich das bei Pferd 70. Es waren außer Husten keine anderen pathologischen Symptome feststellbar, trotzdem war die Herzschlagfrequenz bei Belastung etwa so hoch wie bei Pferden mit hochgradiger chronischer Bronchitis. Es konnte also durch Lungenauskultation und Lungenperkussion nicht der wirkliche Schweregrad der Erkrankung erfaßt werden.

Den Herzklappenfehlern von einzelnen lungenkranken Pferden wurde als Nebenfund keine Bedeutung gegeben, da die anderen Krankheitssymptome bei der klinischen Untersuchung wesentlich auffälliger waren.

Andere Autoren erhielten bei der Untersuchung der Belastungs-herzschlagfrequenz von emphysemkranken Pferden unterschiedliche Ergebnisse. PERSSON (1968) fand bei 4 von 5 untersuchten Pferden mit chronischem Emphysem einen hochsignifikanten Unterschied zu gesunden Pferden bei der Herzschlagfrequenz bei V_{150} (das ist die Laufgeschwindigkeit bei einer Herzschlagfrequenz von 150 Schlägen pro Minute). BERGSTEN (1974) stellte bei den von ihm untersuchten 12 Pferden mit chronischem Emphysem keine Herzschlagfrequenzerhöhung fest. Beide Autoren machten keine Unterteilung nach Grad der Erkrankung. So ist das Ergebnis von BERGSTEN (1974) vielleicht damit zu erklären, daß die von ihm untersuchten Pferde nicht so schwer erkrankt waren wie die von PERSSON (1968) und in der vorliegenden Arbeit untersuchten Pferde. Außerdem war die Belastung auf der Tretmühle wesentlich geringer als beim Stufenbelastungstest. PERSSON (1968) und BERGSTEN (1974) belasten die Pferde auf der Tretmühle etwa bis zu einer Laufgeschwindigkeit, bei der eine Herzschlagfrequenz von 150 Schlägen pro Minute erreicht wird. Die dabei erreichte Geschwindigkeit ist zu gering, um geringgradige bis mittelgradige Funktionsstörungen

feststellen zu können.

Die in der Humanmedizin unterschiedlichen Befunde von bradykarden und tachykarden Emphysematikern (ANTONY und VENRATH, 1962) wurden in dieser Arbeit bei Pferden mit chronischem Emphysem nicht festgestellt. Bei den Pferden ergaben sich nur tachykarde Befunde. Es ist nicht auszuschließen, daß das wenige Untersuchungsmaterial darüber eine zu unsichere Aussage macht. Die sich kontinuierlich erhöhende Steigung der Regressionsgeraden entsprechend der Verschlechterung des Lungenbefundes spricht aber für die Tachykardie bei emphysemkranken Pferden.

2.1.2. Bedeutung der Erholungswerte

Die Erholungswerte haben forensisch Bedeutung für die Diagnose der Dämpfigkeit (FRÖHNER, 1955).

In dieser Arbeit konnte aber weder eine Beziehung zwischen den Erholungswerten und dem klinischen Befund, noch zwischen den Erholungswerten und dem Stufenbelastungstest gefunden werden. Ursache dafür ist wahrscheinlich die unterschiedliche Arbeitsmenge, die dabei vom einzelnen Pferd geleistet wird (SASSE, 1971). Sie ist vor allem vom Temperament des Pferdes, von der Longiermethode, von der Bodentiefe und der Laufgeschwindigkeit abhängig. Die Atemfrequenz wird außerdem, im Gegensatz zur Herzfrequenz, sehr von der Witterung beeinflusst (GEHRING, 1939). Mehr Aussagekraft als für den Grad der Erkrankung sollen die Erholungswerte nach Untersuchungen von CARDINET et al. (1963), GORSKI (1968) und WITHERINGTON (1971) für den Trainingszustand der Pferde haben.

Daraus kann gefolgert werden, daß sich die Erholungswerte nicht eignen, um den klinischen Befund bei chronisch lungenkranken Pferden zu objektivieren. Dagegen ist nach den vorliegenden Untersuchungen anzunehmen, daß der Stufenbelastungstest eine wesentlich

objektivere Aussage über den Grad der Lungenerkrankung macht.

Ob Cortisongaben die Belastungsherzschlagfrequenz genauso kurzzeitig verändern können wie das klinische Bild, sollte noch untersucht werden. Es ist möglich, daß durch Cortisongaben die O_2 -Diffusion durch das erkrankte Lungengewebe verbessert wird und die Belastungsherzschlagfrequenz sinkt.

2.2. Pferde mit chronischer Herzerkrankung

Durch Erkrankungen des Herzens können Insuffizienzerscheinungen auftreten. Dabei bedeutet die kardiale Insuffizienz ein Mißverhältnis zwischen der eingeschränkten Herzfunktion und den Bedürfnissen der Peripherie (KNIPPING et al., 1960). Als Kompensationsmechanismen erhöht sich dann in der Regel die Herzschlagfrequenz (REINDELL, 1967 ; KALTENBACH, 1974). Es gibt vereinzelt Fälle, wie es aus Untersuchungen in der Humanmedizin hervorgeht, bei denen es zu keinem pathologischen Frequenzverhalten kommt trotz offensichtlicher Leistungsminderung (KALTENBACH, 1974). Dann erhalten die subjektiven Befunde, wie Leistungsminderung und Dyspnoe, mehr Bedeutung.

Die Untersuchungen von PERSSON (1968) an 3 Pferden mit Herzklappenfehlern ergaben eine deutliche erhöhte Belastungsherzschlagfrequenz bei verminderter Leistungsfähigkeit. Die in dieser Arbeit untersuchten 3 Pferde (19, 32, 52) mit Klappenerkrankungen wiesen dagegen keine Leistungsminderung während der täglichen Arbeit und keinen signifikanten Unterschied beim Stufenbelastungstest zu den Normalwerten auf. Bei diesen Pferden kann wohl angenommen werden, daß die Herzklappenfehler kompensiert waren. Es kann davon ausgegangen werden, daß dekompenzierte Klappenfehler zu Frequenzerhöhungen unter Belastung führen.

Bei 2 Pferden mit Vorhofflimmern wurde eine Erhöhung der Herzschlagfrequenz gefunden. Dies stimmt überein mit Befunden beim Menschen (KALTENBACH, 1974) und beim Pferd (PERSSON, 1968; HOLMES, 1969; DEEGEN, 1971; HALL et al., 1976). Die subjektive Leistungsfähigkeit war bei den zwei in dieser Arbeit untersuchten Pferden (89, 91) deutlich vermindert. Bei einem Teil der von HOLMES (1969) und DEEGEN (1971) untersuchten Tiere mit Vorhofflimmern machte sich eine Leistungsminderung während der täglichen Arbeit nicht bemerkbar. So scheint Vorhofflimmern bei Pferden nicht immer eine subjektiv feststellbare Leistungsminderung zu verursachen.

Die genauere Untersuchung der Tachyarrhythmie bei Belastung der Pferde 89 und 91 zeigte, daß die Arrhythmie sich bei Erhöhung der Laufgeschwindigkeit verringerte, aber immer noch deutlich erkennbar blieb. Auch HOLMES (1969) stellte bei 9 von 10 unter Belastung untersuchten Pferden eine bestehen bleibende Arrhythmie fest. Diese Ergebnisse entsprechen ebenfalls den Untersuchungen von Menschen (KALTENBACH, 1974).

2.3. Pferde mit Kehlkopf Pfeifen

Wie der pathologische Anstieg der Belastungsherzschlagfrequenz der Pferde 14, 38, 39 und 90 mit Recurrenzlähmung vermuten läßt, wird die Sauerstoffzufuhr durch die daraus resultierende Stimmbandlähmung deutlich eingeschränkt. Die Herzschlagfrequenzveränderungen sind mit den Veränderungen, wie sie bei der mittelgradigen chronischen Bronchitis entstehen, vergleichbar.

Bei Pferd 39, welches neben Kehlkopf Pfeifen noch eine Aortenstenose aufwies, konnte nicht abgeklärt werden, welcher Befund die Herzschlagfrequenzveränderung verursachte. Das Pferd 90 zeigte im Gegensatz zu allen übrigen untersuchten Pferden keinen linearen Anstieg der Belastungsherzschlagfrequenz. Im Schritt, Trab und

langsamen Galopp verhielt sich die Herzschlagfrequenz physiologisch, erst beim schnellen Galopp erhöhte sie sich sprunghaft. Dieser Befund ist möglicherweise dadurch zu erklären, daß die Stimmbandlähmung erst bei forcierter Belastung eine Einengung des Kehlkopfes bewirkt.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß die Belastungs-herzschlagfrequenz ein Maß für den Grad der Stimmbandlähmung ist und somit die dadurch entstehende Leistungsminderung anzeigt. Für diese Erkrankung würden sich Belastungsuntersuchungen auf sehr großen Reitbahnen, wo Laufgeschwindigkeiten von 500 bis 600 m/min erreicht werden können, besonders gut eignen. Dann könnten auch geringgradige Leistungsminderungen festgestellt werden.

Die Belastungs-herzschlagfrequenzmessung bietet sich an, um den Therapieerfolg einer Kehlkopfoperation zu überprüfen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit waren solche Untersuchungen leider nicht möglich.

3. ABSCHLIEßENDE BETRACHTUNG ÜBER DEN STUFENBELASTUNGSTEST BEI PFERDEN MIT CHRONISCHEN LUNGEN-, HERZ- UND KEHLKOPF- ERKRANKUNGEN

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Belastungsherzschlagfrequenz in Abhängigkeit von dem Schweregrad der Erkrankung ansteigt.

Praktischen Wert haben solche Belastungsuntersuchungen zur Objektivierung des Krankheitsgrades. Bei sehr hochgradigen Veränderungen, wie zum Beispiel beim chronischen Emphysem, erübrigt sich jedoch eine solche Untersuchung, da diese in der Regel sehr leicht durch die klinische Untersuchung einzuschätzen sind. Mehr Bedeutung hat der Stufenbelastungstest also für die Objektivierung mittel- und geringgradiger Erkrankungen. Das zeigt sich vor allem dadurch, daß der Schweregrad der Erkrankung und die dadurch entstandene Leistungsminderung durch die klinische Untersuchung vielfach nicht genau erfaßt werden kann.

Weiter können die Belastungsuntersuchungen Bedeutung für die Überprüfung von Therapieerfolgen haben.

Oft werden Kehlkopfpfeifer im Leistungssport eingesetzt mit dem Argument, daß sie durch die Erkrankung nicht behindert würden. Die vorliegenden Untersuchungen weisen auf das Gegenteil hin. Aus der Erhöhung der Belastungsherzschlagfrequenz kann geschlossen werden, daß es bei hoher Belastung zum Sauerstoffmangel kommt.

Die Auswertung der Erholungswerte zeigte, daß sie wenig Aussagekraft für den Grad der Erkrankung haben. Da sie bis heute noch forensisch sehr große Bedeutung besitzen, sollte überlegt werden, ob sie nicht durch den Stufenbelastungstest ersetzt werden sollten.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden 33 Pferde mit chronischer Lungenerkrankung (8 Pferde mit hochgradigem chronischem Emphysem, 6 Pferde mit hochgradiger chronischer Bronchitis, 15 Pferde mit mittelgradiger chronischer Bronchitis, 4 Pferde mit geringgradiger chronischer Bronchitis), 5 Pferde mit chronischer Herzerkrankung (3 Pferde mit Herzklappenerkrankungen, 2 Pferde mit Vorhofflimmern) und 4 Pferde mit Kehlkopfpfeifen auf die Leistungsfähigkeit ihres kardio - pulmonalen Systems untersucht. Als Leistungsmaßstab galt die Herzschlagfrequenz während einer Stufenbelastung unter dem Reiter.

Bei den 33 lungenkranken Pferden ergab sich eine deutliche Übereinstimmung zwischen Schweregrad der Erkrankung und der Leistungsminderung. Je schwerer das Pferd erkrankt war, umso größer waren Anstieg und Höhe der Herzschlagfrequenz bei Belastung.

Die 3 untersuchten Pferde mit Herzklappenerkrankungen zeigten in der Belastungsherzschlagfrequenz keinen Unterschied zu gesunden Pferden. Dagegen war die Belastungsherzschlagfrequenz bei 2 Pferden mit Vorhofflimmern signifikant erhöht.

4 Pferde mit Kehlkopfpfeifen wiesen ebenfalls einen signifikanten Unterschied in der Belastungsherzschlagfrequenz auf.

Die Erholungswerte von Puls und Atmung nach einer 20 minütigen Belastung im Trab ergab bei lungenkranken Pferden keine Beziehung zwischen den Erholungswerten, dem Grad der Erkrankung und dem Ergebnis der Stufenbelastung.

Aus den vorliegenden Untersuchungen kann geschlossen werden, daß der Stufenbelastungstest besser geeignet ist als die Messung von Erholungswerten, um den Erkrankungsgrad zu objektivieren.

SUMMARY

We examined 33 horses with chronic lung disease (8 horses with extreme chronic emphysema, 6 horses with extreme chronic bronchitis, 15 horses with moderate chronic bronchitis, 4 horses with slight chronic bronchitis), 5 horses with chronic heart disease (3 horses with heart valve disease, 2 horses with atrial fibrillation) and 4 horses with laryngeal hemiplegia. Interest was focused on the functional capacity of the cardio - pulmonary system. The criterion was the heart rate during a stepwise exercise test which the horse was ridden.

In 33 horses with lung disease there was a close correlation between the grade of morbidity and the reduced function capacity. There was a clear correlation between the stage of disease and both the increase in heart rate and in the height of heart frequency recorded.

The 3 horses with heart valve disease did not show any difference in heart rate when compared with healthy horses. On the other hand, the exercising heart rate of horses with atrial fibrillation showed a significant increase.

4 horses with laryngeal hemiplegia demonstrated a significant difference in the exercise heart rate.

The recovery rate of pulse and respiration after a 20 minutes trot did not show any correlation with severity of disease or the results of stepwise exercise tests in horses with lung disease.

Our study indicates that the stepwise exercise test is more suitable for evaluating objectively the disease than are measurements of recovery rates.

LITERATURVERZEICHNIS

- Anthony, A.J.; Venrath, H. - Funktionsprüfung der Atmung. Barth, Leipzig 1962
- Barger, A.C.; Richards, V.; Metcalfe, J.; Günther, B. - Regulation of the circulation during exercise. Cardiac output (direct Fick) and metabolic adjustments in the normal dog. Amer. J. Physiol. 184 (1956) 613
- Bayer, A. - Möglichkeiten der Elektrokardiographie am laufenden Tier. Berl. und Münch. Tierärztl. W.schrift 79 (1966) 49-52
- Becker, H.J. - Das Verhalten der körperlichen Leistungsfähigkeit im Arbeitsversuch vor und nach Kardioversion bei Patienten mit Vorhofflimmern. Diss. Frankfurt/Main 1968
- Bergsten, G. - Blood pressure, Cardiac output, and Blood-Gas tension in the horse at rest and during exercise. Acta vet. scand. Suppl. 48 (1974) 1-88
- Bolz, W.; Bienek, H. - Lungenfunktionsprüfungen beim chronisch alveolären Lungenemphysem des Pferdes. 1. Oxymetrische Untersuchungen; 2. Störungen im Säurebasengleichgewicht. Mhefte Tierheilk. 13 (1961) 213-222, 256-264
- Cardinet, G.H.; Fowler, M.E.; Tyler, W.S. - Heart rates and respiratory rates for evaluating performance in horses during endurance trail ride competition. J. Amer. vet. med. Ass. 143 (1963) 1303

- Dammer, G. - Beitrag zum Belastungs - EKG des Pferdes. Vet. Diss. Berlin 1956
- Deegen, E. - Zur Behandlung des Vorhofflimmern beim Pferd mit Chinidinum sulfuricum. DTW, 78 (1971) 655-660
- Deegen, E.; Zichner, M. - Zur klinischen Diagnostik chronischer Lungenerkrankungen des Pferdes. DTW 77 (1970) 616-621
- Denac, M. - Die Funktionelle Residualkapazität und Helium-Einmischungszeit gesunder und lungenkranker Pferde. Zbl. Vet. Med. 23 (1976) 201-213
- Detweiler, D.K. - Best and Taylor's Physiological basis of medical practice . Ed. 9, Sect. 3. The Williams and Wilkens Comp., Baltimore 1973
- Eberly, V.E.; Tyler, W.S.; Gillespie, I.R. - Cardiovascular parameters in emphysematous and control horses. J. Appl. Physiol. 21 (1966) 883-889
- Ehrlein, H.J. - Untersuchungen über die Herzschlagfrequenz als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden. Habilitationsschrift Hannover 1970
- Ehrlein, H.J.; Engelhardt, v.W.; Hörnicke, G.; Dusek, J. - Untersuchungen über die Beziehung zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung bei Pferden. Zbl. Vet. Med. 17 (1970) 577-591
- Fröhner, E.; Neumann-Kleinpaul, K.; Dobberstein, J. - Lehrbuch der Gerichtlichen Tierheilkunde. Parey, Hamburg-Berlin 1955
- Furukawa, R. - Lungenfunktionsprüfungen bei Ponys mit und ohne Lungenaffektionen. Diss. Zürich 1972

- Gehring, K. - Untersuchungen über Kreislauf und Atmung im Hinblick auf die Leistungsprüfung des Pferdes. Z. Tierzücht. 42 (1939) 317-428
- Gerber, H. - Klinik und Therapie chronischer Lungenleiden des Pferdes. DTW 76 (1969) 234-236, 238-239
- Gillespie, J.R.; Tylerand, W.S.; Eberly, V.E. - Blood pH, O_2 , CO_2 tension in exercised, control and emphysematous horses. Amer. J. Physiol. 207 (1964) 1067-1072
- Gorski, S. - Physiol. Grundlagen des Trainings der Haustiere. Teil 2: Puls- und Atemfrequenz bei Haustieren im Verlauf des Trainings. Zeszyty Naukowe Wyzsze Szkoły Rolniczej W. Szocinie 29 (1968) 159-166
- Gretener, P. - Abhängigkeit der mittleren inspiratorischen und expiratorischen Atemstromstärke vom Atemminutenvolumen beim Pferd. Schw. Arch. Tierh. 118 (1976) 191-202
- Hall, M.C.; Steel, J.D.; Stewart, G.A. - Cardiac monitoring during exercise tests in the horse. 2. Heart rate responses to exercise. Austr. Vet. J. 52 (1976) 1-5
- Hebel, A. - Leistungsprüfungen beim erkrankten Pferd. Diss. München 1975
- Holmes, J.R. - The equine heart. Equine Vet. J. 1 (1968) 10-25
- Holmes, J.R.; Darke, P.G.G.; Else, R.W. - Atrial fibrillation in the horse. Equine Vet. 1 (1969) 212-222
- Kaltenbach, M. - Die Belastungsuntersuchung von Herzkranken. Kard. Diagnostik. Boehringer, Mannheim 1974

- Knipping, H.W.; Bolt, W.; Valentin, H.; Venrath, H. Linder, A. - Untersuchungen und Beurteilung des Herzkranken. Enke, Stuttgart 1960
- Mather, K. - Statistische Methoden. Birkhäuser, Basel-Stuttgart 1964
- McPherson, E.A.; Lawson, G.H.K. - Statistical analysis in biology. Science Paperb. Chaptman and Hall Limited 11, London 1973
- Meister, U.; Gerber, H.; Tschudi, P. - Some aspects of chronic pulmonary diseases of horses and methods used in their investigation . Equine Vet. J. 6 (1974) 1-6
- Mellerowicz, H. - Die arterielle Blutgasanalyse in der Diagnostik und Überwachung chronisch lungenkranker Pferde. Schw. Arch. Tierh. 118 (1976) 99-104
- Müller, E.A. - Ergometrie. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin 1975
- Norman, L.J. - Ein Leistungs-Pulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit. Arbeitsphysiologie 14 (1950) 271-284
- Persson, S.G.B. - Exercise testing in pulmonary evaluation: Rationale, methods and the normal response to exercise. New Engl. J. Med. 293 (1975) 241-244
- Reevws, J.T.; Grover, G.F.; Filley, S.G.; Blount, J. - Blood volume, state of training and working capacity of race horses. Equine Vet. J. 1 (1968) 52-64
- Reindell, H.; König, K.; Roskamm, H. - Cardiac output in normal resting man. J. appl. Physiol. 16 (1961) 276
- Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. Thieme Stuttgart 1967

- Reinhard, H.J.; Hurtienne, H. - Biometrische Auswertung von arteriellen und venösen PO_2 -, PCO_2 - und pH-Werten von gesunden und chronisch lungenemsemmerkrankten Pferden. Zbl. Vet. Med. 19 (1972) 546-554
- Rushmer, R.F. - Cardiovascular dynamics. Ed. 2. W. B. Saunders Comp., Philadelphia-London 1961
- Sachs, L. - Statistische Methoden. Springer, Berlin-Hamburg-New York 1972
- Sasse, H.H.L. - Lungenfunktionsprüfung beim Pferd. Tierärztl. praxis 1 (1973) 49-59
- Scheunert, A.; Trautmann, A. - Lehrbuch der Veterinär Physiologie. Parey, Berlin 1965
- Siegenthaler, W. - Klinische Pathophysiologie. Thieme, Stuttgart 1973
- Sjöstrand, T. - Clinical Physiology. Sv. Bokförlaget, Bonners, Stockholm 1967
- Smith, C.R.; Hamlin, R.L. - Duke's Physiology of domestic animals. Ed. 8 (1970) 215-248
- Spörri, H. - Elektrokardiographie. Grundlagen der Elektrokardiographie. Tierärztl. praxis 3 (1975) 263-269
- Spörri, H.; Denac, M. - Lungenfunktionsprüfungen bei Großtieren. Schw. Arch. Tierh. 109 (1967) 252-259
- Spörri, H.; Denac, M. - Die ventrikuläre Druckanstiegsgeschwindigkeit als Parameter der kardialen Kraftentfaltung. Schw. Arch. Tierh. 111, (1969) 239-259
- Spörri, H.; Denac, M. - Zur Diagnostik intrapulmonaler Ventilationsstörungen. Schw. Arch. Tierh. 112 (1970)

- Spörri, H.; Denac, M. - Der Stickstoffeinwaschungstest im Dienste der Lungenfunktionsprüfung. Zbl. Vet. Med. 17 (1970) 845-856
- Spörri, H.; Leemann, W. - Zur Untersuchung der Lungenmechanik bei Großtieren. Schw. Arch. Tierh. 106 (1974) 699-714
- Spörri, H.; Zerobin, K. - Zur Physiologie und Methodik der Lungenfunktionsprüfung. Tierärztl. Umschau 19 (1964) 285-292
- Stegemann, J. - Leistungsphysiologie. Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports. Thieme, Stuttgart 1971
- Tabakin, B.S.; Hanson, J.S.;- Hemodynamic response of normal men to Merriam, T.W.; Caldwell, treadmill exercise. J. Appl. Physiol. E.J. 19 (1964) 457
- Trautwein, W.; Gauer, O.H.; - Herz und Kreislauf. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin 1972
- Wahlund, H. - Determination of the physique working capacity. Acta med. scand. 215 (1948)
- Witherington, D.H. - Observation on the heart rate of thoroughbreds. Equine Vet. J. 3 (1971) 99-101

Herrn Professor Dr. Ehrlein danke ich herzlichst für die Überlassung dieses interessanten Themas und seiner immer hilfreichen Unterstützung.

Herr Professor Dr. Kraft war mir mit seiner freundlichen Beratung ebenfalls eine wertvolle Hilfe. Dafür danke ich ihm sehr.

Die Untersuchungen in München konnten durch die tatkräftige Hilfe von Herrn Dr. Breuer und seiner Mitarbeiter, Herrn Dening und der Bereiter der Reitakademie Riem durchgeführt werden.

In Marbach wurden sie durch die Unterstützung von Herrn Dr. Essich, Herrn Dr. Wenzler und der Gestütswarte des Haupt- und Landgestüts ermöglicht.

Herr Dr. Weiß vermittelte die Untersuchung in Weil der Stadt.

Ihnen möchte ich meinen besonderen Dank aussprechen.

Für die große Hilfe bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse danke ich Herrn Diplom Wi.-Ing. Maier.

LEBENS LAUF

Am 28. 10. 1950 wurde ich als Tochter des Diplom Landwirts Eugen Maier und seiner Ehefrau Anna Katharina, geborene Neumann, in Horb am Neckar geboren. Ich besuchte die Grundschule von 1957 bis 1961 in Stuttgart - Birkach. Dann wechselte ich auf das Gymnasium St. Agnes in Stuttgart, wo ich im Juni 1969 das Abitur ablegte. Im Winter-Semster 1969 schrieb ich mich an der Tierärztlichen Hochschule Hannover ein. Zum Winter-Semster 1970 ging ich an die Tierärztliche Fakultät der Universität München. Dort studierte ich bis zur tierärztlichen Prüfung im Oktober 1974. Ab November 1974 hospitierte ich sechs Monate lang in der Pferdeklinik Dr. Breuer in München - Riem. Seit April 1975 arbeite ich als Tierärztin in der Tierklinik des Tierhygienischen Instituts Freiburg.

